



Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EDIFICACIÓN

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

**METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE RIESGOS CON HERRAMIENTAS BIM
INTEGRADAS A LOS PRINCIPIOS LEAN PARA LA ADMINISTRACIÓN DE
PROYECTOS EN LA CONSTRUCCIÓN Y VIDA ÚTIL DE LA EDIFICACIÓN**

Estudiante: Carlos Gutiérrez Vélez

Director: Alina Avellaneda

Co-director: Eloi Coloma Picó

Convocatoria: Abril 2015

RESUMEN

En la actualidad la Administración de Proyectos está compuesta por múltiples metodologías con herramientas y técnicas capaces de manejar un sinfín de disciplinas, que ofrecen un aumento en la productividad de sus recursos por medio de procesos eficaces y eficientes aplicados a lo largo del ciclo de vida de los proyectos.

La aplicación de estas Metodologías a la Administración de Proyectos en la Construcción, no ha obtenido los mismos resultados debido a que los Proyectos en Arquitectura, Construcción e Ingeniería no pueden ser manejados como cadenas de producción o procesos en ambientes controlados. Los proyectos en esta industria son a menudo impactados por riesgos externos que estas metodologías aún han sido incapaces de manejar de manera independiente.

Hoy en día la Industria de la Construcción es considerada una de las más ineficientes y con mayores pérdidas en sus procesos de diseño, gestión y administración de la vida útil de la edificación, por esta razón este TFM busca la integración de Metodologías con Sistemas o Plataformas Tecnológicas de vanguardia que puedan mejorar las estadísticas de la Industria, identificando riesgos, administrando y minimizando su impacto en los proyectos.

Se habla de riesgo cuando existe una condición que puede suponer una grave amenaza para la finalización exitosa de un proyecto¹, por otro lado la administración de riesgos se percibe como un conjunto de principios y prácticas encaminadas a la identificación, análisis y tratamiento de los factores de riesgo para mejorar las posibilidades de lograr un resultado exitoso².

De acuerdo a Boehn, la gestión del riesgo consiste en dos procesos con 3 pasos secundarios. La primera es la evaluación de riesgos y la segunda es el control. El primero es proactivo mientras que el segundo es reactivo³.

Palabras Clave: *Gestión de Riesgos, Administración de Proyectos, BIM, LEAN.*

¹ Wallace, L., & Keil, M. (2004).

² Bannerman, P.L. (2007).

³ Boehm, B. W. (1991).

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO GENERAL.....	3
2.1 Descripción.....	3
2.2 Objetivos.....	4
2.2.1 General.....	4
2.2.2 Específicos.....	4
2.3 Metodología.....	4
2.3.1 Enfoque Burrell y Morgan.....	5
2.3.2 Clasificación RRIF.....	6
2.3.2.1 Paradigma Funcionalista (objetivo - la regulación).....	6
2.3.2.2 Paradigma Interpretativo (subjetivo - regulación).....	6
2.3.2.3 Humanista Radical (cambio radical subjetivo).....	7
2.3.2.4 Radical Estructurado (objetivo - cambio radical).....	7
2.3.3 Los Datos Recopilados.....	7
2.3.4 Enfoque Metodológico.....	8
2.4 Alcances.....	8
3. ANTECEDENTES.....	9
3.1 Building Information Modeling (BIM).....	9
3.1.1 ¿Qué es Building Information Modeling.....	9
3.1.2 Administración de Riesgos en BIM.....	10
3.1.3 Desperdicios en BIM por mala gestión.....	13

3.1.4	<i>Herramientas y Técnicas para la Administración de Riesgos en BIM.....</i>	15
3.1.5	<i>Ejemplos.....</i>	17
3.2	LEAN Construction.....	18
3.2.1	<i>¿Qué es LEAN Construction?.....</i>	18
3.2.2	<i>Sinergias entre LEAN y BIM para la Administración de Riesgos.....</i>	19
3.2.3	<i>Desperdicios en LEAN por mala gestión.....</i>	25
3.2.4	<i>Herramientas y técnicas para la administración de riesgos en LEAN.....</i>	27
3.2.5	<i>Ejemplos.....</i>	32
3.3	Metodología PMI.....	35
3.3.1	<i>¿Qué es la Metodología PMI?.....</i>	35
3.3.2	<i>Sinergias entre PMI y BIM para la Administración de Riesgos.....</i>	36
3.3.3	<i>Desperdicios en PMI por mala gestión.....</i>	38
3.3.4	<i>Herramientas y Técnicas para la Administración de Riesgos en PMI.....</i>	40
3.3.5	<i>Ejemplos.....</i>	44
4.	ANÁLISIS.....	45
4.1	Análisis de Áreas de Oportunidad.....	45
4.2	Gestión de Proyectos con Metodologías Ágiles Existentes.....	46
4.2.1	<i>Tradicional vs. Ágil.....</i>	46
4.2.2	<i>Análisis de Ciclos de Vida.....</i>	47
4.2.3	<i>Proyectos Ágiles.....</i>	49
4.3	Análisis y Clasificación de Riesgos Ágiles.....	51
4.4	Análisis de Ventajas por Integración de Tecnologías.....	62

4.5 Selección de Tecnologías a Integrar.....	64
4.6 SCRUM.....	68
5. PROPUESTA.....	73
5.1 Propuesta de Integración Metodología Ágil y BIM.....	73
5.2 Costo de Oportunidad.....	88
5.3 Líneas de Investigación futura.....	89
6. CONCLUSIONES / RECOMENDACIONES.....	91
6.1 Lecciones aprendidas.....	91
6.2 Conclusiones.....	93
6.3 Recomendaciones.....	94
7. BIBLIOGRAFÍA.....	97
8. AGRADECIMIENTOS.....	101
ANEXOS.....	103
<i>Anexo No. 1</i> Metodología SCRUM.....	103
<i>Anexo No. 2</i> Visión del funcionamiento SCRUM en 2005.....	105
<i>Anexo No. 3</i> Visión del funcionamiento de SCRUM en 2008.....	107
<i>Anexo No. 4</i> Visión del funcionamiento de SCRUM en 2009.....	109
<i>Anexo No. 5</i> Visión del funcionamiento de SCRUM en 2011.....	111
<i>Anexo No. 6</i> Visión del funcionamiento de SCRUM en 2012.....	113
<i>Anexo No. 7</i> Visión del funcionamiento de SCRUM en 2013.....	115
<i>Anexo No. 8</i> LEAN Startup.....	117
<i>Anexo No. 9</i> Diagrama de Colaboración BIM.....	119

LISTADO DE GRÁFICOS

Gráfico No. 2.1	Modelo de cuatro paradigmas de la Teoría Social de Morgan.....	6
Gráfico No. 2.2	Ciencia y Metodología Burrell y Morgan.....	8
Gráfico No. 3.1	Nivel de Maduración por Fase BIM.....	12
Gráfico No. 3.2	Flujo de Información BIM.....	16
Gráfico No. 3.3	Objetivos de Building Information Modeling BIM.....	20
Gráfico No. 3.4	Flujo de Información Tradicional.....	21
Gráfico No. 3.5	Integración de Principios LEAN.....	22
Gráfico No. 3.6	Flujo de Información VCD.....	23
Gráfico No. 3.7	Flujo de Información VDC+LEAN.....	24
Gráfico No. 3.8	Ciclo PDCA.....	28
Gráfico No. 3.9	Simbología VSM.....	30
Gráfico No. 3.10	Enfoques Tradicionales Punto-Base para el Desarrollo de Productos....	31
Gráfico No. 3.11	Sistema de Ingeniería Concurrente.....	32
Gráfico No. 3.12	Proceso de Modelado BIM-PMI.....	37
Gráfico No. 3.13	Herramientas BIM.....	37
Gráfico No. 3.14	Ciclo de Vida de un Proyecto en PMI.....	38
Gráfico No. 3.15	Desperdicios en BIM.....	40
Gráfico No. 3.16	Administración de Riesgos en PMI.....	42
Gráfico No. 3.17	Administración de Cambios en PMI.....	43
Gráfico No. 4.1	Análisis FODA.....	54
Gráfico No. 4.2	Proceso de Proyecto SCRUM.....	69
Gráfico No. 4.3	Equipo SCRUM.....	71
Gráfico No. 5.1	Fases BIM.....	76
Gráfico No. 5.2	Ambiente Colaborativo BIM.....	77
Gráfico No. 5.3	Flujo de evaluación de riesgos. (Ver: Anexo No. 10).....	85
Gráfico No. 5.4	Flujo de control de riesgos. (Ver: Anexo No. 11).....	86
Gráfico No. 5.5	Administración de Riesgos SCRUM+BIM. (Ver: Anexo No. 12).....	87

LISTADO DE TABLAS

Tabla No. 2.1	Comparativa Burrell y Morgan.....	5
Tabla No. 3.1	Áreas de Oportunidad BIM.....	18
Tabla No. 3.2	Principios de LEAN Construction.....	19
Tabla No. 3.3	Objetivos de Building Information Modeling (BIM).....	19
Tabla No. 3.4	Áreas de estudio PMI.....	35
Tabla No. 4.1	Clasificación de Riesgos Clase 1.....	55
Tabla No. 4.2	Descripción de Riesgos.....	57
Tabla No. 4.3	Probabilidad de Manifestación de Riesgos.....	58
Tabla No. 4.4	Matriz Básica de Riesgo.....	58
Tabla No. 4.5	Gestión de Riesgos.....	59
Tabla No. 4.6	Registro de Riesgos.....	60
Tabla No. 4.7	Ventajas/Desventajas Building Information Modeling (BIM).....	62
Tabla No. 4.8	Ventajas/Desventajas LEAN Construction.....	63
Tabla No. 4.9	Ventajas/Desventajas Project Manager Institute (PMI).....	63
Tabla No. 5.1	Análisis por Tipo de Riesgo y por Ambiente.....	74
Tabla No. 5.2	Propuesta de Manejo de Riesgos en la Construcción.....	75
Tabla No. 5.3	Fases BIM.....	78
Tabla No. 5.4	Gestión de Riesgo BIM+SCRUM.....	80
Tabla No. 5.5	Acciones BIM+SCRUM.....	81
Tabla No. 5.6	Acciones BIM+SCRUM.....	82

GLOSARIO

- AEC.....Arquitectura, Ingeniería y Construcción (siglas en inglés).
- AGC.....Asociación General de Contratistas de América.
- ATCM.....Arquitecto Técnico Responsable de la Construcción.
- BIM.....Building Information Modeling.
- BIM Manager.....Encargado de coordinar los modelos arquitectónicos y de ingeniería.
- CDM.....Administración, Diseño y Construcción (siglas en inglés).
- FMECA/FMEA.....Análisis de Efectos por Modo de Fallo.
- FODA.....Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas.
- HVAC.....Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado (siglas en inglés).
- IPD.....Desarrollo de Proyecto Integrados (siglas en inglés).
- NBIMS.....Estándar Nacional de Building Information Modeling (siglas en inglés).
- PDCA/PDSA.....Ciclo de Planear – Hacer – Verificar – Actuar.
- PMBOOK.....Guía del Project Management Institute.
- PMI.....Project Manager Institute.
- RMP.....Planes de Gestión de Recursos (siglas en inglés).
- ROI.....Retorno de la inversión (siglas en inglés).
- RRIF.....Radical Humanista, Radical Estructuralista, Interpretativo y Funcionalista.
- SBCE.....Ingeniería concurrente de Toyota.
- SCRUM.....Es un modelo de desarrollo ágil.
- SCRUM Master...En *Metodologías Ágiles* es el que hace que las reglas se cumplan.
- SPRINT.....Es un ciclo de trabajo en *Tecnologías Ágiles*.
- TFM.....Trabajo de Fin de Máster.
- TPS.....Sistema de Producción de Toyota (siglas en inglés).
- VDC.....Diseño Constructivo Virtual (siglas en inglés).
- VSM.....Mapeo de la cadena de valor (siglas en inglés).

1. INTRODUCCIÓN

Podemos definir de manera simple un "riesgo" como "un problema que aún no ha sucedido, pero que podría causar algún tipo de daño o poner en peligro el éxito del proyecto en caso de suceder o aparecer".

El Análisis y Gestión de Riesgos forma un papel muy importante antes y durante la ejecución de un proyecto. Con la finalidad de descubrir los posibles riesgos en un nuevo proyecto, de diseño o construcción, es necesario entender cómo se puede implementar un análisis de riesgo simple, ágil y adecuado que vaya alineado con las nuevas tecnología de diseño como lo es el Building Information Modeling (BIM).

Todo riesgo no sólo debe ser analizado, sino también tiene que ser administrado de manera correcta. No sólo es importante conocer los riesgos, sino encontrar una solución para cada posible escenario de los probables riesgos, a manera de asegurar una buena gestión de riesgos y la reducción de la probabilidad de fracaso del proyecto.

Las grandes empresas suelen tener todo un departamento de análisis proyectos (evaluación de impacto, gestión de riesgos, informes de indicadores clave, etc.). En cambio, las pequeñas empresas no se pueden permitir tener este tipo de departamentos o infraestructuras, por lo que para ellos es muy importante estar al tanto de los procedimientos y técnicas de análisis de riesgo, así como del correcto uso de sus recursos (maximización u optimización de recursos). Para una empresa pequeña, una correcta operación y la selección de una plataforma tecnológica correcta puede ser el factor que determine el éxito o fracaso del proyecto.

Antes de la identificación de riesgos y un plan para gestionarlos, la definición de las Metodologías, Softwares y Sinergias para su uso, así como la forma de enfocarlos adecuadamente, es muy importante.

En este Trabajo de Fin de Máster se optó por el análisis de las dos principales Metodologías de Administración de Proyectos: Ágiles y Tradicionales; y el análisis de la Metodología BIM, que aún está en vías de desarrollo en muchos aspectos, para posteriormente seleccionar la metodología o herramientas de administración de riesgos que puedan crear una *sinergia* para la administración de riesgos en la arquitectura y durante todo el ciclo de vida de una edificación.

Al término de este estudio, se discuten las líneas de investigación futura, las lecciones aprendidas y mejores prácticas de la implementación de la gestión de riesgos, así como también las conclusiones y recomendaciones que forman parte del proyecto.

2. MARCO GENERAL

2.1 Descripción

El presente trabajo se estructurará en una memoria, en la cual se analizarán las características y generalidades de los siguientes temas:

1. BIM Building Information Modeling
2. LEAN Construction
3. Metodología PMI

Se desarrollará un análisis profundo así como propuestas de mejora para la administración de riesgos y gestión de problemas, que en la actualidad definimos como *“las variaciones que pueden ocurrir respecto a lo esperado”*. Conforme a esto, en la industria de la construcción identificamos el mayor número de incidencias de riesgos o problemas en los siguientes rubros:

- Residuos
- Costos
- Calendario
- Productividad
- Resultados (Calidad)

Por tal motivo este Trabajo de Fin de Máster propone crear una forma diferente de visualización, aplicación y trabajo, buscando mejorar la relación e integrar BIM como una herramienta dentro *Lean Construction*, fomentando la colaboración estrecha entre los equipos fuera y dentro del sitio; generando mejoras reciprocas para la convergencia y alineación de BIM a principios LEAN, por medio de un proceso integrado con colaboración de todas las disciplinas a lo largo del ciclo de vida del edificio.

En ese sentido, se pretende crear un sistema integral de diseño y administración de proyectos que optimizarán el desempeño, toma de decisiones y agilidad de los proyectos con base a una correcta gestión de riesgos, lo cual hasta hoy ha sido parcialmente desarrollado por ambas metodologías de forma independiente.

Esta nueva visión de sistema de administración de proyectos basado en BIM - LEAN que se propondrá permitirá de forma integrada la creación de trabajo en conjunto, la nivelación de recursos, planificación, prefabricación, gestión y solución de riesgos.

2.2 Objetivos

2.2.1 General

Estudiar las metodologías de administración de proyectos (PMI y Lean Construction) utilizadas en la actualidad, creando puntos de análisis y mejoras alineadas a la propuesta tecnológica del Building Information Modeling (BIM), desarrollando un nuevo modelo ideal de administración, específico y único que proponga mejoras, que permita manejar de manera eficiente proyectos simultáneos, minimizando riesgos, errores de ejecución, evitando solicitudes de cambio y sobrecostos; así como también mitigando problemas que se pudieran presentar durante la vida del proyecto.

2.2.2 Específicos

- Describir las deficiencias que actualmente presentan las metodologías de trabajo para la administración de proyectos desde el *Kick Off* hasta la ejecución de obra de los mismos.
- Proponer un "Sistema Integral de Administración de Proyectos" que permita una correcta adquisición y administración de los recursos que satisfagan las necesidades específicas de cada proyecto, reduciendo así los residuos de oficina en la etapa de diseño y gestión, así como los residuos de obra en la etapa de ejecución; obteniendo un mayor rendimiento y aprovechamiento de los materiales al minimizar el porcentaje que es destinado a vertederos.

2.3 Metodología

Para el desarrollo de este informe y propuesta es necesario apegarnos a una disciplina que pueda analizar e incorporar una serie de procesos, tareas y actividades de manera ordenada.

Un ejemplo orientado a este tema es el papel que desempeña la Administración de Proyectos y Gestión de Riesgos en la Construcción, por lo que durante la documentación de los procesos que conforman esta disciplina responderemos a las preguntas:

- ¿Quién?
- ¿Qué?
- ¿Dónde?
- ¿Cuándo?
- ¿Por Qué?

“Los investigadores reconocen la necesidad de un rigor lógico y coherente de metodologías, que están sujetas a revisión por pares”.⁴

2.3.1 Enfoque Burrell y Morgan

Burrell y Morgan (1979) comparaban los dos puntos de vista divergentes en cuanto a la epistemología, la naturaleza humana y la metodología.

Dimensions	The Objectivist Approach	The Subjectivist Approach
Ontology	Realism	Nominalism
Epistemology	Positivism	Anti-positivism
Human Nature	Determinism	Voluntarism
Methodology	Nomothetic	Idiographic

Tabla No. 2.1
Comparativa Burrell y Morgan

Fuente: Burrell, G., & Morgan, G. (1979).

Lo anterior nos servirá como apoyo para comprender nuestra aproximación a las diferentes metodologías, clasificaciones y aplicaciones usadas en la actualidad.

En ocasiones y dependiendo del caso en específico podemos asumir que los riesgos en los proyectos son imputables a un factor social o factores externos, en este caso el positivismo “es una epistemología que trata de explicar y prever lo que sucede en el mundo social, con énfasis en las regularidades y relaciones causales entre sus elementos constitutivos.

El investigador positivista cree que el investigador en ciencias sociales puede ser objetivo y llevar a cabo sus investigaciones, como un observador externo. Por consiguiente puede estudiar las partes constitutivas de un hecho social observable para comprender el todo. Es decir, busca regularidades y la interacción causal para entender y predecir el mundo social”.⁵

El positivismo se supone que el mundo social es el estado actual relativista y solo se puede entender desde el punto de vista de las personas que participan directamente en las actividades sociales bajo investigación.

Por otro lado el enfoque nomotético incita al estudio basado en prácticas y técnicas como los métodos de estudio sistemático.

⁴ Creswell, J. (2003).

⁵ Kuada, J. (2009).

2.3.2 Clasificación RRIF

En el estudio de Gibson Burrell y Gareth Morgan⁶ se hace una distinción entre la “Sociología de la Regulación” y la “Sociología del Cambio Radical”. Según los autores estos paradigmas deben ser considerados contiguos, pero separados.⁷

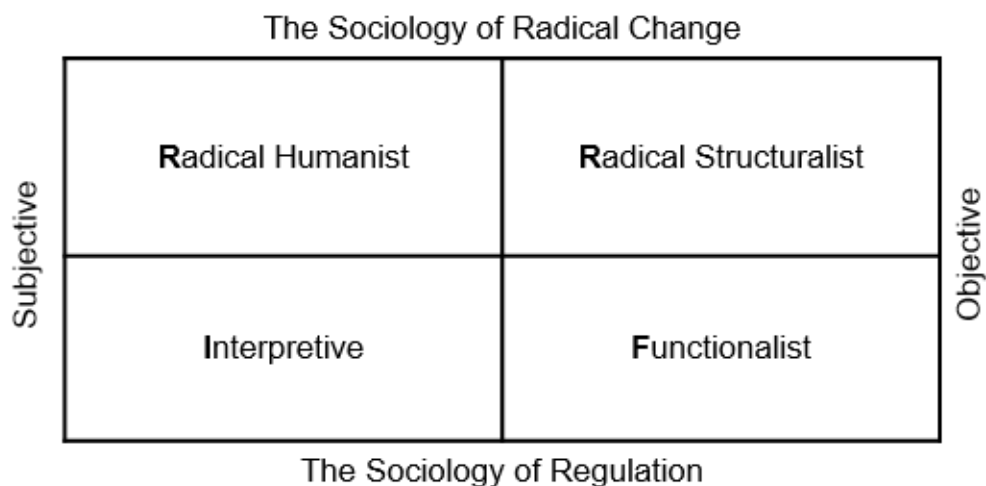


Gráfico No. 2.1
Modelo de cuatro paradigmas de la Teoría Social de Morgan

Fuente: Burrell, G., & Morgan, G. (1979).

2.3.2.1 Paradigma Funcionalista (objetivo - la regulación)

Este es el concepto principal para el estudio de la organización. Su objetivo es proporcionar explicaciones racionales de los asuntos humanos.

2.3.2.2 Paradigma Interpretativo (subjetivo - regulación)

El paradigma interpretativo rechaza el análisis de las estructuras “soberanas de la mente de los hombres”.⁸ El paradigma interpretativo busca explicar la estabilidad del comportamiento desde la perspectiva del individuo.

⁶ Burrell, G., & Morgan, G. (1979).

⁷ *Ibíd.*: p. 23.

⁸ *Ibíd.*: p. 260.

2.3.2.3 Humanista Radical (cambio radical subjetivo)

El paradigma radical Humanista comparte su ideología con el paradigma interpretativo donde supone que la verdad cotidiana se construye socialmente.

En este punto de vista la conciencia del hombre está dominado por las superestructuras ideológicas con las que interactúa, y éstas abren una brecha cognitiva entre él y su verdadera conciencia, lo que impide la realización humana.

2.3.2.4 Radical Estructurado (objetivo - cambio radical)

El cambio radical se basa en la naturaleza de las estructuras sociales. "La sociedad moderna se caracteriza por conflictos fundamentales que generan cambio radical a través de las crisis políticas y económicas.

2.3.3 Los datos recopilados

Para nuestro estudio, el paradigma subjetivo con un enfoque humanista anti-positivista radical, es el que nos llevará a través del TFM. La selección está basada debido a que el proyecto es altamente dependiente de las personas, mientras que el proceso de evaluación depende una institución externa: "cliente", que obtendrá el resultado del conocimiento humano, la interpretación de objetivos, tareas y esfuerzos que fueron requeridos para la ejecución del proyecto.

Desde el punto de vista de los paradigmas mencionados anteriormente, solo una posición subjetiva puede ser la adecuada para esta tesis, ya que en la Administración de Proyectos y Gestión de Riesgos se depende en gran medida de las interacciones humanas, donde los participantes tienen diferentes intereses, expectativas y nivel de participación que se conjuntan para lograr un objetivo general.

A pesar de que es un paradigma subjetivo, el trabajo se analiza desde una posición objetiva a manera de investigar los proyectos y sus riesgos desde todas las perspectivas. Esa es la razón por la cual el TFM utiliza diferentes métodos para descubrir posibles riesgos.

2.3.4 Enfoque Metodológico

La siguiente imagen muestra una distinción entre la Teoría de la Ciencia y el Enfoque Metodológico elaborados por Abnor y Bjerke.⁹

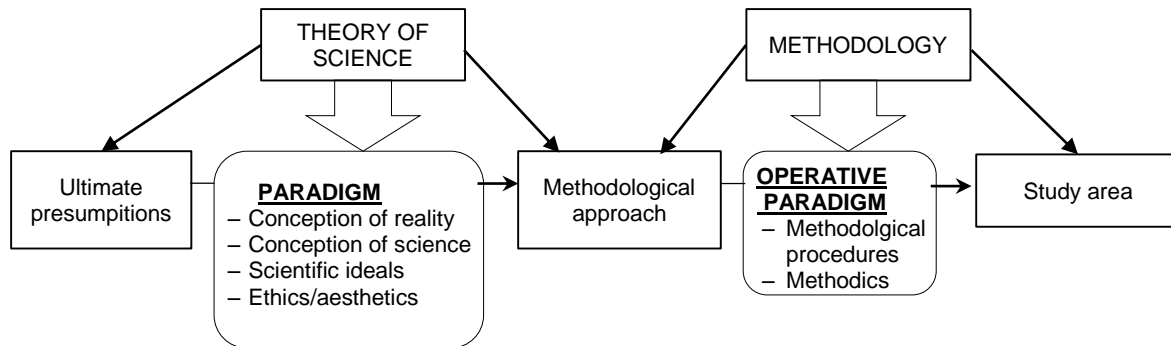


Gráfico No. 2.2
Ciencia y Metodología Burrell y Morgan
Fuente: Abnor, I., & Bjerke, B. (1997). p. 17.

Una vez establecidos los puntos anteriores podemos concluir que nuestro enfoque metodológico está orientado a cuándo y cómo utilizar varios métodos para desarrollar un proyecto, y qué método se adapta mejor para los diferentes temas o situaciones. Los enfoques metodológicos tienen diferentes características, conceptos, opiniones y suposiciones acerca de la realidad y por lo tanto estos son solo una guía para administrar. Al aplicar los diferentes enfoques en la práctica, uno debe saber cómo proceder para comprender, explicar y mejorar el proyecto.

2.4 Alcances

Creación de un Sistema Integral de Administración de Proyectos alineado a la propuesta de implementación del Building Information Modeling (BIM) por medio de un modelo escalable que permita la correcta administración de proyectos y gestión de riesgos de manera simultánea; manteniendo las premisas principales de costo, tiempo y desempeño durante la vida del proyecto (diseño y construcción).

Presentación de propuestas de recomendaciones y directrices para la correcta administración de un proyecto desde su concepción hasta la entrega.

Construcción de un nuevo "canvas" con un flujo de trabajo ágil de fácil administración, orientado específicamente al diseño arquitectónico y construcción con una interfaz amigable al usuario de fácil uso.

⁹ Abnor, I., & Bjerke, B. (1997). p. 49.

3. ANTECEDENTES

3.1 Building Information Modeling (BIM)

3.1.1 ¿Qué es Building Information Modeling?

Se conoce por BIM a un modelo electrónico tridimensional, que representa exactamente como se construirá el edificio en el sitio, este modelo virtual contiene información estructural, instalaciones, ingenierías, así como componentes de HVAC en detalle. Pero cabe mencionar que Building Information Modeling (BIM) es más que un modelo tridimensional, software o herramienta digital simple; en la actualidad se piensa que BIM llegará a ser una metodología que integra un proceso colaborativo de diseño y construcción sustentado por softwares con herramientas de análisis, gestión y librerías digitales con información de cada inmueble.

Las raíces de BIM se remontan al modelado de investigación paramétrica llevada a cabo en EE.UU. y Europa a finales de 1970 y principios de 1980, la industria de la Arquitectura-Ingeniería-Construcción (AEC) prácticamente comenzó a ponerlo en práctica en proyectos a mediados de los años 2000.

Sin embargo, esta no es la única definición existente para Building Information Modeling (BIM), ya que esta nueva metodología aún se encuentra en desarrollo y en constante cambio; algunas fuentes lo refieren como una forma de dibujo, otros como una moda y unos cuantos como un complemento a procesos de otras metodologías.

Como lo define Hardin, Building Information Modeling (BIM) es una tecnología integrada por un conjunto de procesos revolucionarios que rápidamente han transformado la manera en que la edificación era concebida, diseñada, construida y operada”.¹⁰

Según la visión de Azhar, BIM representa un nuevo paradigma dentro de la AEC, que facilita la integración de las partes interesadas en un proyecto, así como también tiene el potencial para obtener una mayor eficiencia y armonía entre los integrantes del proyecto dejando las rivalidades de lado¹¹.

Khemlani menciona que durante los últimos siete años, el término BIM ha pasado de ser una palabra de moda para convertirse en una pieza central de la tecnología utilizada en la AEC¹².

Otra definición de Glick y Guggemos es que BIM forma parte del concepto de entrega de proyectos integrados (IPD), que es un nuevo enfoque de entrega que integra personas,

¹⁰ Hardin, B. (2009).

¹¹ Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2012).

¹² Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011).

sistemas, estructuras y prácticas a un proceso colaborativo de negocio para reducir el desperdicio y optimizar la eficiencia en todas las fases de la ciclo de vida del proyecto¹³.

Debido a su potencial en la actualidad son muchas las asociaciones y grupos que siguen de cerca el desarrollo y transformaciones de BIM; ya desde principios del año 2000, la Asociación General de Contratistas de América (AGC) y el National Building Information Modeling Standards (NBIMS) de los EEUU percibe BIM como una metodología integral:

- “Building Information Modeling es el desarrollo y uso de un modelo digital para simular la construcción y futura operación de una edificación. El resultado, es una representación digital inteligente y paramétrica, cargada con información de la edificación, de opiniones y datos específicos que se adecuan a las necesidades cada usuario. Esta información pueden ser extraída y analizada para generar información de valor que será utilizada para tomar decisiones y mejorar el proceso de entrega de las edificaciones”. (AGC, 2005).
- “BIM es una representación digital de las características físicas y funcionales de una edificación. Un Modelo BIM es un recurso que comparte conocimientos y que proporciona información fiable sobre una edificación para la toma de decisiones durante su ciclo de vida que inicia desde concepción temprana hasta su demolición. Una premisa básica de BIM es la colaboración de equipos multidisciplinarios en las diferentes fases del ciclo de vida de una edificación para integrar, extraer, actualizar o modificar información en BIM entregando así información fiel en tiempo”. (NBIMS, 2010).

Como se menciona en las definiciones anteriores BIM no es un sólo software; es la sinergia entre softwares, metodologías, procesos, y actuadores que conforman el AEC.

3.1.2 Administración de Riesgos en BIM

Building Information Modeling (BIM) es uno de los temas más comentados hoy en día por los profesionales del mundo de la construcción debido a la forma revolucionaria de desarrollar proyectos que son entregados en tiempo, en presupuesto y más importante de manera segura.

Existen numerosos estudios que demuestran como el uso de Building Information Modeling (BIM) puede ayudar a mejorar la comunicación, eliminar errores y mitigar los riesgos en una

¹³ Glick, S., & Guggemos, A. A. (2009).

etapa temprana de diseño, logrando posteriormente alcanzar un espacio de trabajo más seguro y la reducción de re-trabajos, atrasos y sobrecostos; de igual manera, disminuye las situaciones de riesgo laboral y problemas de ergonomía.

En la actualidad el correcto uso de BIM facilita los procesos, ya que permite adelantarnos al futuro, conociendo y poniendo a prueba el funcionamiento de la edificación antes de su construcción, reduciendo los riesgos significativamente. Asimismo, BIM ayuda a contar con la opción de prefabricación de piezas o elementos pre-ensamblados en un ambiente controlado, usualmente utilizado para elementos estructurales.

En la actualidad las regulaciones para la Administración del Diseño y la Construcción (CDM) incitan a la reducción y eliminación de riesgos progresiva y de manera razonable llevando un proceso integral coordinado por un equipo CDM.

- ***¿Cómo puede BIM mitigar los riesgos en proyectos de construcción?***

Los riesgos en proyectos de construcción durante la etapa de diseño pueden ocurrir cuando el diseño no cumple con las necesidades del propietario y usuarios. La falta de definición en los requerimientos o una comunicación poco efectiva entre el equipo de diseño y los clientes crea o aumenta este tipo de riesgo.

Sin embargo, Building Information Modeling (BIM) recomienda la creación y uso de una colección digital que contenga toda la información del proyecto, esta información podrá incluir costos, calendarios, fabricación, mantenimiento, energía y modelos tridimensionales que deberán ser usado para la toma de decisión, desarrollo de documentos constructivos a detalle, predicciones de comportamiento, estimación de costo, planeación de la fase constructiva, así como para la realización de planes de mantenimiento y operación futura basados en las funcionalidades que ofrece BIM; esto podrá ser utilizado para la mitigación de riesgos de la siguiente manera:

- **Eliminación de extracción manual de dibujos por medio de plataformas para intercambio de información u otros métodos de integración de procesos:** Las aplicaciones BIM utilizan modelos paramétricos los cuales involucran el uso de bases de datos correlacionadas que hacen referencia a elementos estructurales, componentes y parámetros. Asimismo, la captura y gestión de parámetros, elementos y relaciones es útil para el análisis a detalle que proveerá al modelo de información para generar cálculo de espacios, eficiencia energética, análisis estructural; de esta manera los riesgos de incongruencias en mediciones y errores en el dibujo serán minimizados.

- **Mejorando la eficiencia de diseño por medio de una plataforma de intercambio de información:** El mayor beneficio de BIM es la capacidad de disminución de errores por medio de la integración de equipos multidisciplinarios que trabajan con técnicas de visualización para la detección de conflictos en un modelo integral. A medida que pasa el tiempo BIM aumenta su capacidad para integrar información mejorando la gestión de riesgos y errores lo que ayuda a bajar costos.
- **Integrando el proceso de diseño a la construcción e ingeniería:** Esto puede ser alcanzado cuando un constructor genera una simulación de la pre-edificación para posteriormente continuar el seguimiento durante el proceso de construcción. La generación de modelos 4D y 5D que integran costo y tiempo en adición a la geometría 3D de modelado. En este sentido los cambios no solo podrán ser controlados en las etapas de diseño e ingenierías, también podrán ser administrados y minimizados en la vida útil de la edificación, esto es recomendable en proyectos de alto costo y alto riesgo obteniendo grandes recompensas.

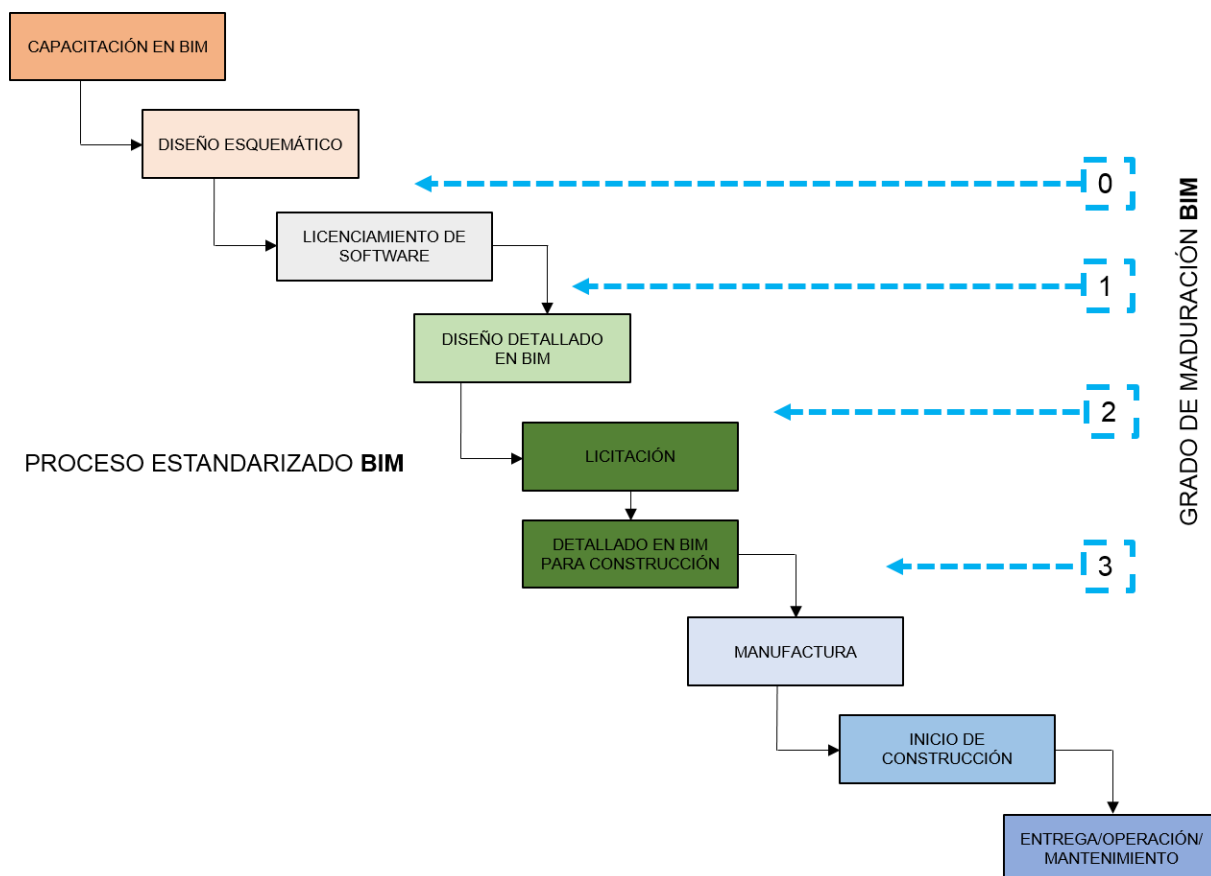


Gráfico No. 3.1
Nivel de Maduración por fase BIM

Fuente: Hamdi, O., & Leite, F. (2012).

▪ **¿Cómo puede BIM mitigar los riesgos en la administración de proyectos BIM?**

Hasta ahora hemos visto como BIM puede reducir riesgos, errores y toma de malas decisiones en la construcción, haciendo del sitio un lugar más seguro, pero aún falta plantearse algunas preguntas:

- ¿Qué sucede con su propia administración?
- ¿Cómo se administra un Proyecto BIM?
- ¿Cómo se coordina un equipo multidisciplinario BIM?
- ¿Existen desperdicios en la administración BIM?
- ¿Cómo se mitigan los problemas por una mala Gestión de Proyectos?
- ¿Qué dice la metodología de administración de riesgos BIM?
- ¿Cómo optimizamos el desempeño de un Equipo de Trabajo BIM?

En la actualidad Building Information Modeling (BIM) toma las mejores prácticas de Metodologías de Administración de Proyectos tales como PMI y LEAN Construction para la Gestión de Proyectos, Administración de Riesgos, Gestión de Recursos y Evaluación de desempeño. Sin embargo, a la fecha no existen sinergias desarrolladas en un 100% entre BIM y estas Metodologías para una correcta gestión de equipos e información. “BIM Identifica Riesgos y los guarda, no los gestiona”. (Lapierre, 2014).

Hoy en día los riesgos, problemas y rumores de gestión que rodean a Building Information Modeling (BIM) son factores cruciales para las empresas que se encuentran en transición a esta nueva tecnología, ya que BIM se ha convertido en el mayor motivo que alimenta la resistencia al cambio y si continúa sin controlarse corre el riesgo de no sobrevivir.

Todos queremos trabajar en un “Proyecto BIM”, este es el mayor riesgo, debido a que se tiene un exceso en usuarios trabajando simultáneamente en un modelo muy grande o importante, convirtiéndose en un equipo multidisciplinario con bajo desempeño y alto costo, por lo tanto poco eficiente.

3.1.3 Desperdicios en BIM por mala gestión

BIM actualmente se encuentra más alineado con la Metodología de Lean centrado en la eliminación de desperdicios, refiriéndonos a todo aquello que no aporta valor.

Al trabajar con modelos tridimensionales los desperdicios en BIM se ven radicalmente reducidos; no obstante, existen algunos que vemos repetidamente en un proyecto mal gestionado.

- ***Trabajo realizado parcialmente***

Se refiere a aquella documentación que nos lleva tanto tiempo elaborar que ha quedado sin detallar, usualmente observado en detalles de dibujo o en especificaciones que implican a un tercero para obtener la información.

- ***Características o detalles adicionales***

Son las cosas que creemos que al cliente le gustaría tener o ver en su proyecto, pero que este no ha pedido. Esto pasa mucho en el diseño cuando seguimos un programa de necesidades definido por el cliente basado en tendencias o modas, lo que generalmente se vuelve en espacios que al final no se usan, dando como resultado un enorme desperdicio.

Reaprendizaje

- ***¿Cuántas veces hemos pensado en el autoaprendizaje?***

En la actualidad el reaprendizaje de la metodología de dibujo ha sido uno de los mayores problemas de implementación de BIM, la curva de aprendizaje y los costos que esto implica sigue siendo uno de los mayores problemas de BIM.

- ***¿Cuántas veces has tenido que redescubrir semanas después la misma solución?***

Debido a la falta de conocimiento muchas veces no preguntamos a expertos y trabajamos en solitario. Cada minuto que pasamos redescubriendo cosas que rápidamente es tiempo perdido.

- ***“De mano en mano”***

En la actualidad la incompatibilidad en la entrega de información de mano en mano es un grave problema y esto sucede en equipos que continúan trabajando de manera aislada.

El caso más común es llevar los proyectos o modelos a un alto grado de diseño que no podrá ser visto o utilizado por el equipo de construcción debido a la falta de tecnología o falta de herramientas de visualización, definitivamente uno de los desperdicios más graves.

- ***Las pausas***

Debido a la falta de conocimiento y experiencia en el uso de software BIM muchas veces se inician los proyectos en aplicaciones o con metodologías “obsoletas” que después tendrán que ser re-trabajadas y traducidas a nuestras herramientas BIM y posteriormente nuevamente serán traducidas a la tecnología anterior para su entrega. Estas pausas muchas veces son los generadores más grandes de retrasos en los proyectos.

- ***Defectos***

Por último, quizás uno de los más obvios: los defectos. Todo aquello que no se hace bien, es un desperdicio, no aporta valor, y consume tiempo a la hora de repararlo.

3.1.4 Herramientas y Técnicas para la Administración de Riesgos en BIM

- ***¿Puede BIM reducir los desperdicios durante el proceso de construcción?***

Esta pregunta se puede responder fácilmente, ya que con mejor información, se pueden tomar mejores decisiones, por lo que al mejorar la información de los objetos que conforman un diseño, tendremos un incremento en calidad y eficiencia, así como una disminución en costos y generación de residuos.

La producción de información clara desde una etapa temprana de diseño es indispensable para entregar información más certera a los proveedores, adicionalmente esta información podrá ligarse a proveedores secundarios para la generación de guías mecánicas o procesos de manufactura que integrarán un paquete final más completo y coherente con todas sus partes.

Este tipo de información toma valor al momento de generar revisiones, simulaciones y diagnósticos digitales de manera certera, obteniendo beneficios consistentes e información más clara antes de iniciar el proceso de construcción.

Los desperdicios en la construcción pueden ser reducidos por mucho si la fabricación puede ser realizada fuera del sitio o en la propia industria de manera que se optimice el proceso, esto transformaría el sitio de construcción de un lugar de fabricación a un sitio de ensamble.

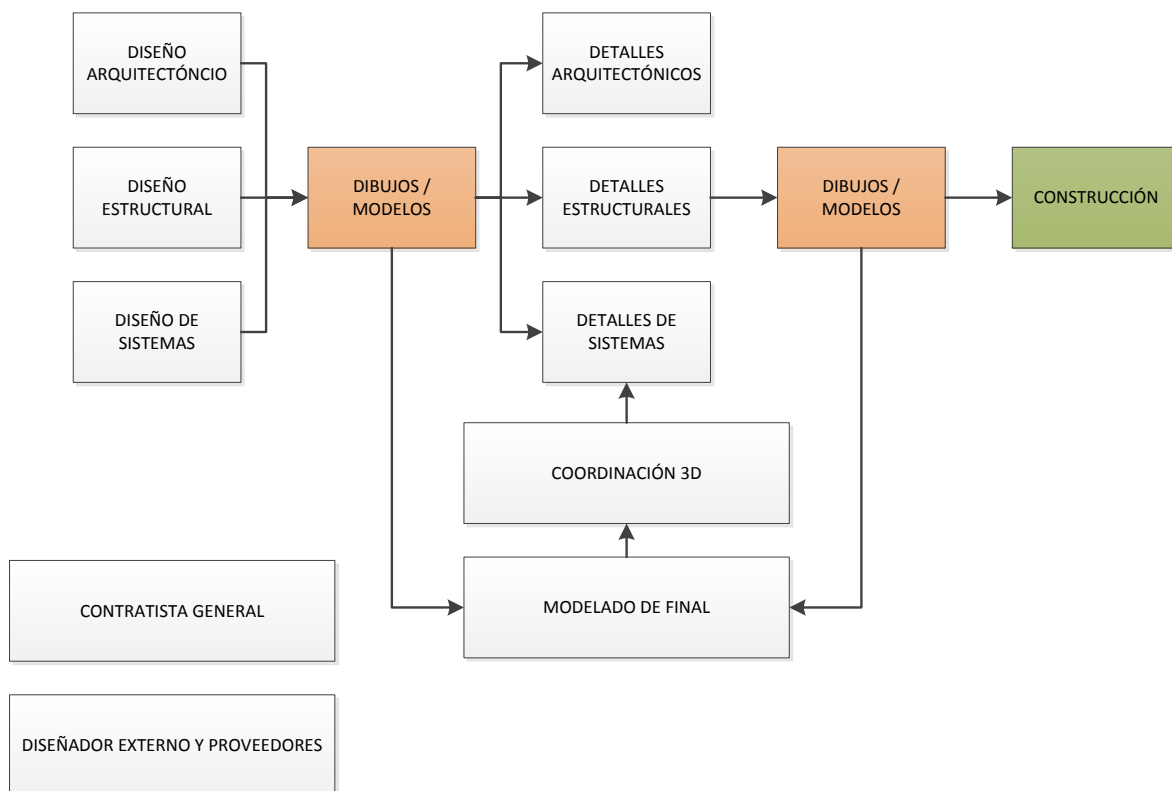


Gráfico No. 3.2
Flujo de Información BIM
Fuente: Hamdi, O., & Leite, F. (2012).

▪ ***¿Puede BIM reducir los desperdicios en la administración de un proyecto?***

En la actualidad la falta de sinergias para la Administración de Proyectos BIM, así como la poca oferta de expertos provoca que esta pregunta sea difícil de responder, ya que la capacitación, curva de aprendizaje y grado de resistencia al cambio hacen de BIM una tecnología poco accesible. Si bien estamos viviendo una época de revolución de la información digital, donde la información bien estructurada ayuda a los diseñadores a tomar buenas y bien informadas decisiones que ayudan a reducir los impactos ambientales producidos por el proceso de edificación; hoy en día BIM representa altos costos financieros con una administración deficiente para las empresas.

Sin embargo, el desarrollo de nuevos esquemas y la creación de sinergias que mejoren el funcionamiento de trabajo de los equipos BIM haciendo de ellos grupos de alto desempeño que identifican, clasifican y gestionan de manera correcta recursos, riesgos y problemas de manera eficaz y de forma eficiente, ayudará a mejorar el uso y aceptación de esta plataforma tecnológica.

3.1.5 Ejemplos

Un ejemplo de como BIM gestiona los recursos para eliminar el riesgo por productividad o bajo rendimiento en los Proyectos son los Planes de Gestión de Recursos (RMP).

La planificación de la gestión de recursos en BIM es un proceso eficaz para la mejora de la eficiencia de los recursos de un proyecto. La RMP se enfoca en la definición, alcance y priorización para mejorar la eficiencia de los recursos en el proyecto, proporcionando un amplio panorama para generar acciones, estimaciones y dimensionar sus impactos, para posteriormente monitorearlo.

El análisis de rendimiento, así como la generación y presentación de informes muchas veces están incluidos en un programa de gestión de riesgos, el cual se realiza de forma rutinaria en muchos proyectos.

Específicamente, esto lo podemos ver en la planificación de la gestión de residuos del sitio, donde el diseño y coordinación muchas veces chocan con los planes de prevención, logística, etc.

La información, datos y herramientas BIM constituyen un papel importante en la mejora de la eficiencia de los recursos en el proyecto, esto debe de estar incluido dentro del plan de gestión de riesgos con acciones definidas para asegurar que las actividades en BIM están orientadas a mejorar la eficiencia de los recursos del proyecto.

El Plan de Ejecución del Proyecto BIM debe especificar a detalle como este utilizará y trabajará con el plan de gestión de riesgos seleccionado mediante la definición de los procesos que se vayan a llevar a cabo, así como las herramientas y datos que serán utilizados en las diferentes etapas.

- ***Oportunidades para la eficiencia de los recursos a través de BIM***

BIM mediante técnicas de gestión ofrece el potencial para las realizar operaciones que antes implicaban altos costos y con un alto grado de ineficiencia, estos son algunas de las herramientas que BIM proporciona en este sentido:

- Gestión eficiente de los datos del proyecto.
- Mejora en la colaboración entre los equipos de proyecto.
- Mejor visualización y el análisis multidimensional de la concepción y los programas.
- Gestión en tiempo real/coordinación.

Muchos de estos atributos son inherentes al uso de BIM, lo cual genera beneficios e eficiencia en los recursos.

Sin embargo, hay muchas más áreas de oportunidad para BIM donde se podría apoyar con un diseño eficiente de los recursos y la construcción, que hasta hoy han permanecido sin ser desarrollados.

Estas son algunas áreas de oportunidad:

Visualización 3D y Coordinación de Diseño	Colaboración de Equipo de Proyecto	Seguimiento de la Construcción en Tiempo Real
Reducción de desperdicio por eliminación en choque de instalaciones.	Reducción de desperdicio por el mejoramiento en la coordinación de la cadena de suministros, incluyendo fabricantes a distancia.	Programa de reducción y reducciones asociadas que impactan directamente al sitio.
Mejora en el control de actividades en sitio.	Desarrollo de soluciones colaborativas.	Mejoramiento de la logística reduciendo desperdicios y transportación.
Visualización de diseño y medición de arquitectura "innovadora" en digital evitando re-trabajos.	-	-

Tabla No. 3.1
Áreas de Oportunidad BIM
Fuente: Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2009).

3.2 LEAN Construction

3.2.1 ¿Qué es Lean Construction?

LEAN Construction es una forma innovadora de Administración de Proyectos que toma los principios exitosos del Sistema de Producción de Toyota (TPS), Metodologías y Herramientas Ágiles y los aplica a la construcción, creando valor para los clientes, eliminando desperdicios y otorgando una mayor fluidez a las operaciones.

La visión de LEAN Construction es crear nuevos principios y métodos para el desarrollo de productos y gestión de proyectos orientados y adaptados a la industria de AEC, obteniendo resultados exitosos como los obtenidos en la industria manufacturera, cumpliendo con el flujo de demanda del cliente, así como con el proceso de AEC; eliminando residuos durante el proceso de diseño, detallado, suministro y construcción.

Área	Principio
Flujo de Proceso	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de Variabilidad. - Reducción de Ciclos de Tiempo. - Reducción de stock y almacenamientos (trabajo por pieza). - Incrementa flexibilidad. - Selección de un sistema de producción apropiado. - Estandarización. - Mejoramiento continuo. - Administración y supervisión visual. - Sistema de producción con mejor flujo y aportando valor.
Proceso de Generación de Valor	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de captura de requisitos fácil y completa. - Selección de concepto centrado. - Asegurar el correcto flujo de información. - Verificación y Validación.
Solución de problemas	<ul style="list-style-type: none"> - Ir y verificar personalmente. - Decidir por consenso y evaluar todas las opciones.
Conservación y desarrollo de socios	<ul style="list-style-type: none"> - Conservar y crecer la red de asociados.

Tabla No. 3.2
Principios de LEAN Construction

Fuente: Ko, C. H., & Chung, N. F. (2014).

3.2.2 Sinergias entre LEAN y BIM para la Administración de Riesgos

Analizando BIM y LEAN podemos encontrar que ambas metodologías proponen un cambio profundo en la forma de pensar, trabajar y procesar la información. Ambos requieren grandes esfuerzos a largo plazo en ambientes de desarrollo y trabajo estable.

Etapas	Área funcional y función
Diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Geometría y modelado esquemático. - Desarrollo y evaluación de múltiples alternativas de forma rápida. - Mantenimiento de la información y modelado de forma integral. - Generación automática de planos y documentos.
Diseño, detallado y fabricación	<ul style="list-style-type: none"> - Integración de equipos de diseño y construcción.
Pre-construcción y construcción	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo y evaluación de propuestas de construcción de manera rápida. - Comunicación constante en línea por medio de la generación de dibujos en líneas y modelos.

Tabla No. 3.3
Objetivos de Building Information Modeling BIM

Fuente: Hamdi, O., & Leite, F. (2012).

Actualmente Building Information Modeling (BIM) se encuentra incorporando algunas de las mejores prácticas de LEAN Construction para mejorar el flujo de la información, pero los objetivos de esta “fusión” resultan poco ambiciosos y no proponen una mejora significativa en la administración de proyectos con esta metodología.

▪ **Objetivos de la sinergia actual LEAN - BIM**

- Incrementar un 5% el rendimiento de los equipos que actualmente trabajan con BIM.
- Incrementar un 15% el margen de rentabilidad de los proyectos diseñados en BIM.
- Reducir en un 4% los sobre costos que se tienen en obra por re-trabajos.
- Mejorar de la interfaz Building Information Modeling (BIM) y Virtual Design Construction (VDC).
- Aumentar en la calidad de la información obtenida de BIM con respecto a CAD.
- Reducir la pérdida de información.
- Estandarizar una metodología de trabajo.

▪ **¿Porque LEAN – BIM?**

A continuación se muestran una serie de diagramas y tablas en las que se explica de manera gráfica la evolución en las metodologías que han tenido sinergias con la Metodología BIM, así como los beneficios y problemas encontrados.

En la actualidad se considera que estas sinergias con BIM se encuentran en fase de pruebas, debido a que no se cuenta con la suficiente documentación para ser lanzadas como una actualización o complemento de Building Information Modeling (BIM).

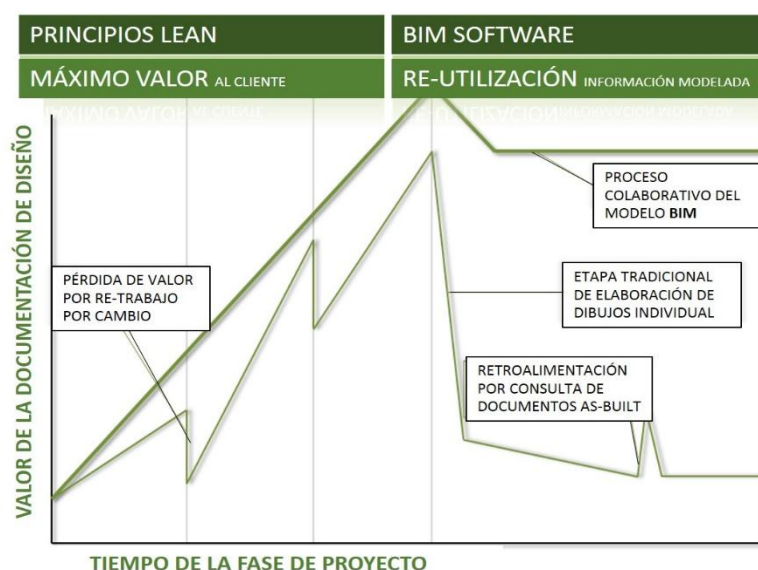


Gráfico No. 3.3
Objetivos de Building Information Modeling (BIM)

Fuente: Hamdi, O., & Leite, F. (2012).

▪ **Metodología de Dibujo Tradicional en 2D (CAD)**

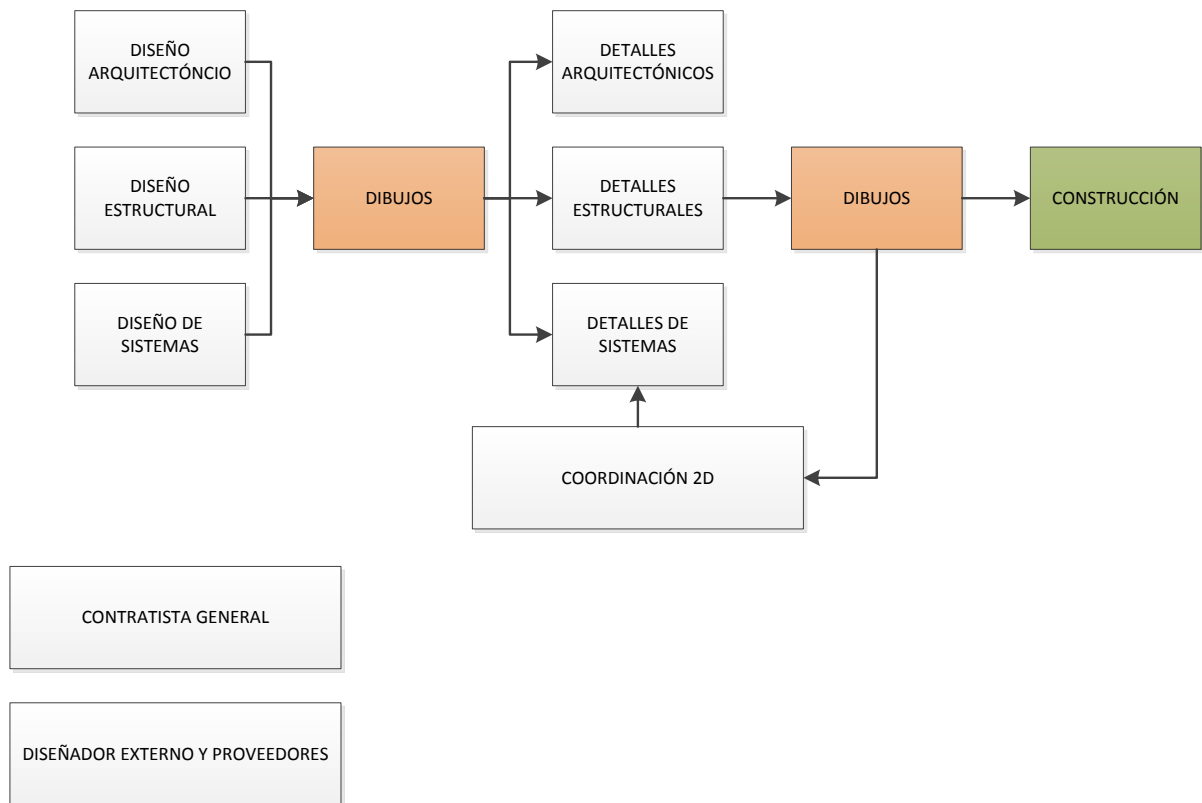


Gráfico No. 3.4
Flujo de Información Tradicional

Fuente: Sacks, A. R. (2014).

Problemas

- Desarrollo de información en 2D.
- Re-trabajo de información después de la entrega de detalles.
- Falta de retroalimentación oportuna.
- Mayor número de errores en los dibujos.
- Falta de comunicación entre los equipos de trabajo.

▪ **Propuesta de metodología BIM con principios de LEAN Construction**

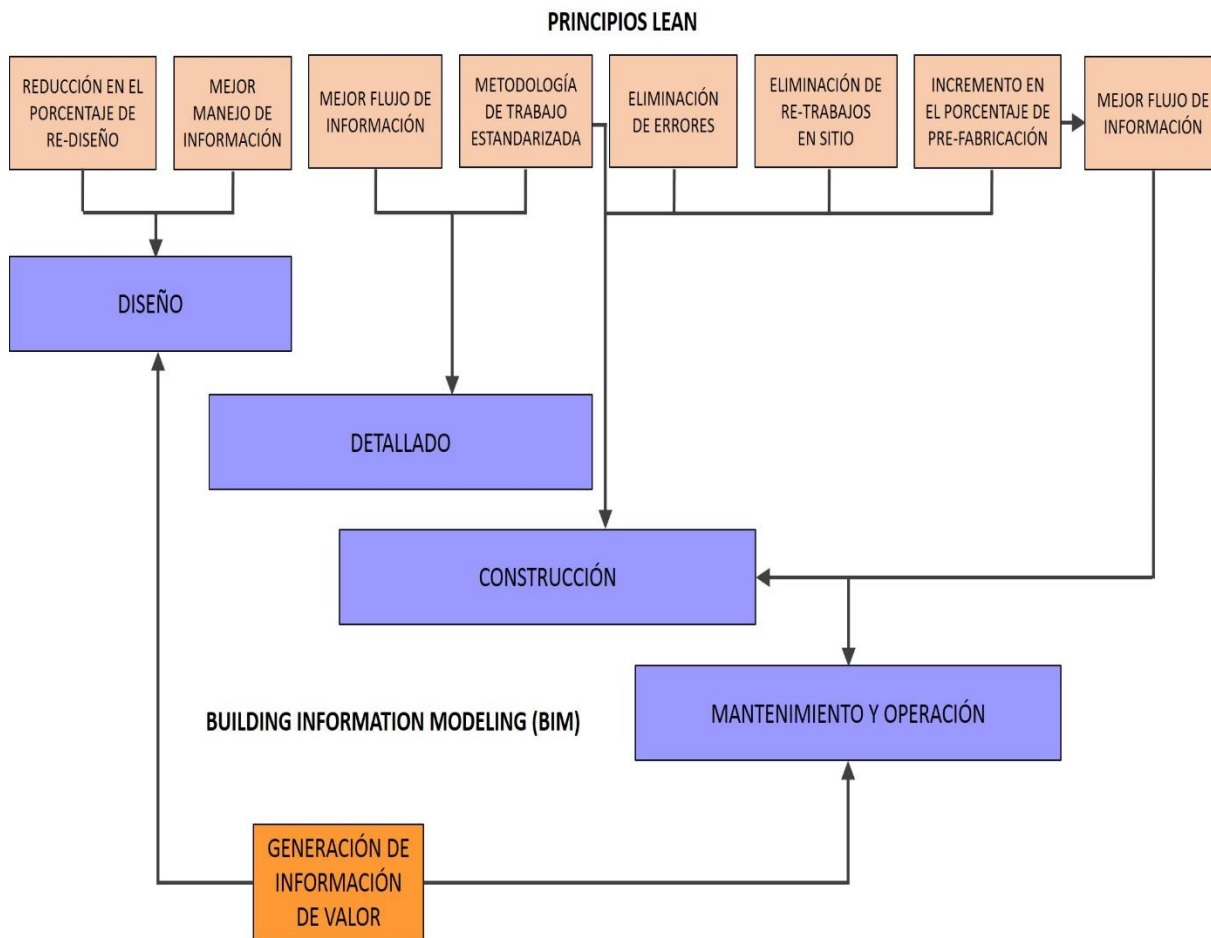


Gráfico No. 3.5
Integración de Principios LEAN
Fuente: Ko, C. H., & Chung, N. F. (2014).

Beneficios de Sinergias BIM-LEAN

- Creación de equipos multidisciplinarios
- Eliminación de errores por diseño

▪ **Integración de Virtual Design Construction (VDC)**

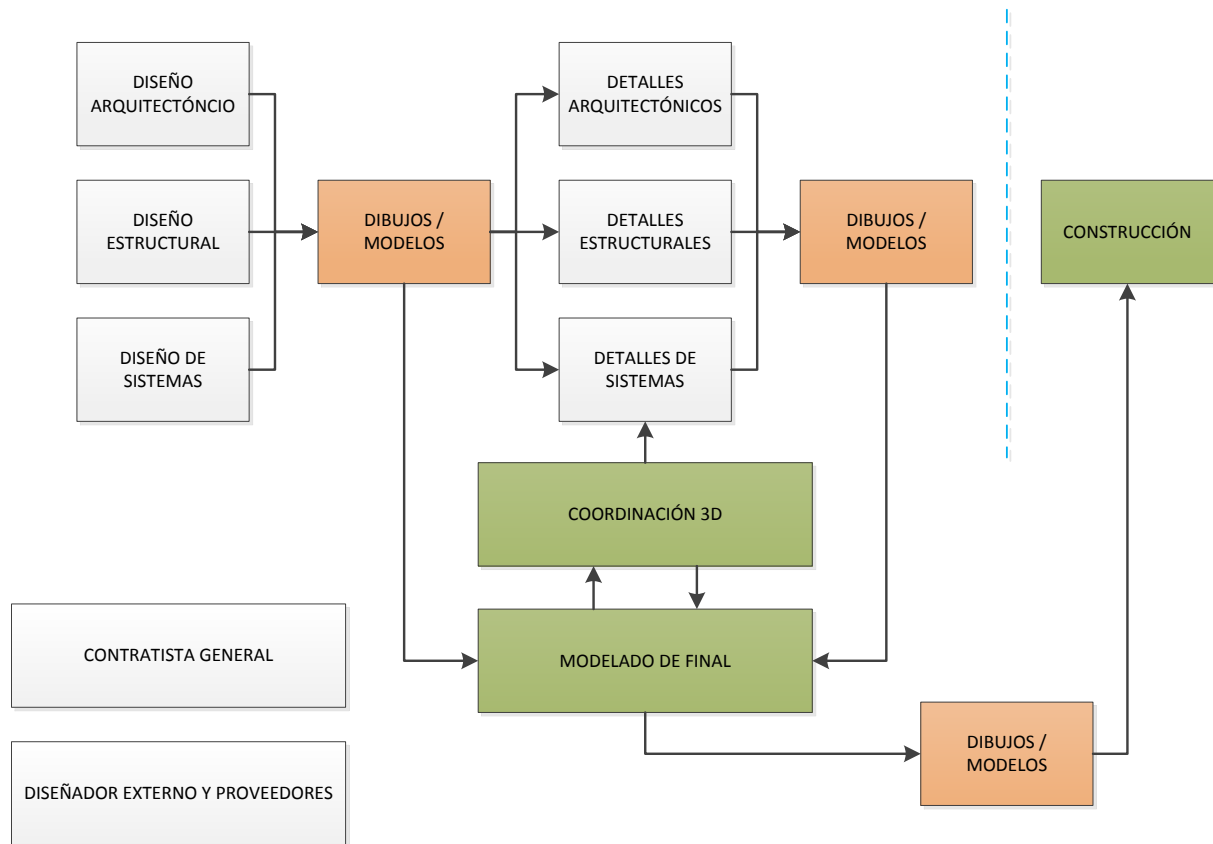


Gráfico No. 3.6
Flujo de Información VDC
Fuente: Ko, C. H., & Chung, N. F. (2014).

Beneficios

- Mejoramiento en el flujo de la información
- Comunicación Bidireccional con el Coordinador BIM
- Entrega de Información en tiempo
- Disminución de errores

▪ **Integración de Virtual Design Construction (VDC) con principios LEAN**

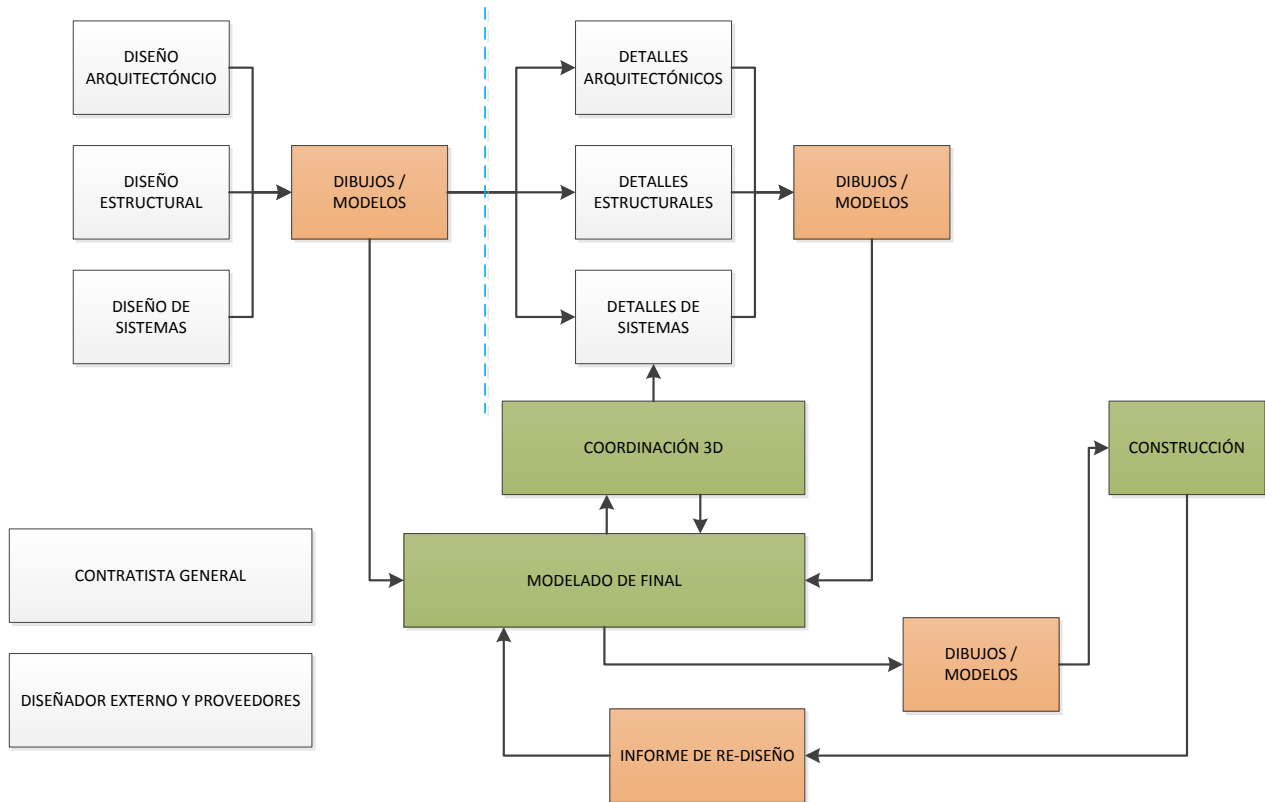


Gráfico No. 3.7
Flujo de Información VDC+LEAN
Fuente: Ko, C. H., & Chung, N. F. (2014).

Beneficios

- Reducción de Equipos de Trabajo
- Optimización en la distribución de tareas
- Incremento en el porcentaje de eficiencia
- Disminución de errores

3.2.3 Desperdicios en LEAN por mala gestión

Como ya lo hemos comentado, LEAN Construction se caracteriza por ser una metodología innovadora de Administración de Proyectos que toma los principios exitosos del Sistema de Producción de Toyota (TPS) y los aplica a la construcción, creando valor, eliminando ciertos desperdicios y otorgando una mayor fluidez a las operaciones.

LEAN Construction como sistema innovador en la Administración de Proyectos tiene aún múltiples posibilidades de mejora para crear equipos auto-gestionados, eficientes y con mayor productividad.

- ***¿Es posible eliminar desperdicios de un Sistema LEAN?***

La respuesta a la pregunta anterior es afirmativa, ya que debido a la desinformación, capacitación y mezcla de herramientas, LEAN Construction es una metodología que puede ser aún más “ajustada”; estas son algunas de las acciones que usualmente no se realizan al gestionar un Proyecto LEAN.

- **Recorte de Desperdicios**

Actualmente la “Gestión de Proyectos LEAN” se asocia a una rama del Sistema Six Sigma o una adaptación de los principios tradicionales de gestión de proyectos con softwares que trabajan en las tareas a un ritmo más rápido; por tal motivo deciden no hacer ajustes presupuestarios o restricciones a sus proyectos, llevándolos a generar desperdicios con los mismos recursos.

Para eliminar desperdicios en LEAN es necesario entender que esta es una metodología que busca resultados rápidos en ambientes críticos, es decir “tareas de respuesta inmediata”; lo que implica equipos de trabajo más pequeños, auto-gestionados y más eficaces que tendrán un menor impacto financiero y mejor capacidad de respuesta ante los riesgos o problemas.

- **Estructura de Proyecto**

Generalmente cuando se piensa en la “eliminación de residuos” los Gerentes de Proyecto tienden a abandonar o acortar lo que tradicionalmente se conoce como “ciclo de vida del proyecto” tendiendo a una “correcta” Gestión de Proyectos.

- ***¿Está la Gestión de Proyectos por encima del Ciclo de Vida de Proyecto?***

La respuesta es **NO**, el desconocimiento y la falta de capacitación en Sistemas LEAN hacen pensar a sus usuarios que una buena Gestión de Proyectos es sinónimo de “recorte”.

Los equipos basados en sistemas de administración LEAN dependen más del ciclo del proyecto y en sus procesos de organización que en la gestión, ya que los principios de gestión de proyectos LEAN no pueden ayudar a los administradores a eliminar los residuos.

Sin embargo, una fuerte estructura de desglose del trabajo identifica que los miembros del equipo tienen responsabilidades para diversos entregables e hitos; logrando con esta información una conexión directa entre la calidad y el rendimiento de los miembros del equipo, minimizando así cualquier impacto.

- ***Sistema de Medición***

LEAN Construction es una metodología basada en una cultura de confianza y respeto, por lo que sus sistemas de medición están enfocados en conseguir mejores resultados y no en buscar culpables de problemas, lo cual muchas veces podría parecer redundante, pero una vez que el equipo entiende esta filosofía el sistema se vuelve bastante eficaz.

Hoy en día los sistemas de medición se enfocan a la evaluación de trabajo diario, mientras que los sistemas de medición LEAN deberían ser aplicados para optimizar tiempos, ya que están orientados para revisar cualquier tipo de dato de desempeño; desde el número de horas de proyectos sincronizadas por un equipo con la cantidad de tiempo necesario para realizar tareas específicas.

- ***Auto dependencia y Control de Calidad***

En la actualidad la formación de equipos o unidades de trabajo para el desarrollo de proyectos está basada en la fuerza de trabajo o número de integrantes que aseguren el entregable en tiempo. Esta metodología de desarrollo y gestión integran etapas posteriores de revisión por expertos que aseguran la calidad, esto conlleva a “desperdicios”, en este caso correcciones, re-trabajos y tiempo adicional, lo cual se traduce en sobrecostos.

- ***¿Cómo eliminar desperdicios generados por control de calidad?***

Los principios LEAN proponen la creación de equipos multidisciplinarios desde el inicio de un proyecto, minimizando así el riesgo y los errores en los proyectos. Asimismo, LEAN Construction propone la integración de un experto en los grupos con mayor vulnerabilidad, esto ayudará en la gestión de riesgos y controlará la calidad del proyecto en fases tempranas.

La integración de expertos en etapas tempranas para el control de la calidad, no solo mejora el entregable, sino que también ayuda a eliminar los “cuellos de botella” que se producen en

etapas posteriores del proyecto debido a re-trabajos y correcciones. Esto crea una gran oportunidad para reforzar y mejorar los ciclos de desarrollo de proyectos futuros.

- ***Asignación de Recursos***

Las metodologías tradicionales y sistemas aplicados hoy en día en la industria del diseño, arquitectura y construcción nos proponen la siguiente regla de trabajo:

- **Mayor número de recursos = Mayor rapidez en la ejecución = Incremento en costo**

Es esta regla la que LEAN Construction intenta cambiar, ya que propone la identificación y desglose de tareas hasta su base, de esta manera se podrán dimensionar equipos de manera efectiva, capaces de desarrollar entregables de calidad en tiempo y con un menor impacto en costo.

3.2.4 Herramientas y técnicas para la Administración de Riesgos en LEAN

- ***Análisis de Efectos por Modo de Fallo (FMEA)***

También conocido como: Modos de Fallo Potenciales y Análisis de Efectos, o Análisis de Criticidad de Efectos y Modos de Fallo (FMECA); el Análisis de Efectos por Modo de Fallo (FMEA) es un enfoque paso a paso para la identificación de todos los fallos posibles en un diseño, proceso de fabricación, montaje, producto o servicio.

Los “*modos de fallo*”, se refiere a las formas o modos en que algo puede fallar. Los fallos son los errores o defectos, especialmente los que afectan directamente al cliente, y pueden clasificarse en reales o potenciales. Por su parte, los “*estudios de efectos*” se refieren al estudio de las consecuencias de dichos fallos o fracasos.

Los fallos son priorizados según su grado de gravedad, consecuencia, frecuencia y facilidad con que pueden ser detectados. El propósito del FMEA es tomar acciones a tiempo para eliminar o reducir los fallos, empezando por los que tienen mayor prioridad.

Los análisis de modos de fallo y efectos también son utilizados para documentar el conocimiento y acciones sobre los riesgos de fallo, para procesos de mejora continua. El FMEA se utiliza durante el diseño para evitar fallos, y posteriormente es utilizado para el control durante el ciclo de vida del proceso. Es decir, el FMEA comienza durante las etapas tempranas como lo son la definición del concepto o diseño y continúa durante todo el ciclo de vida.

▪ ***Cuándo utilizar FMEA***

- Cuando un proceso, producto o servicio está siendo diseñado o rediseñado.
- Cuando un proceso, producto o servicio existente tiene un nuevo uso o proceso.
- Antes de desarrollar planes de control para un proceso nuevo o modificado.
- Cuando se planifican mejoras para un proceso, producto o servicio existente.
- Al analizar los fallos de un proceso, producto o servicio existente.
- Periódicamente durante todo el ciclo de vida de un producto o servicio.

▪ ***Ciclo de Planear – Hacer – Verificar - Actuar (PDCA)***

También recibe otros nombres: Planificar – Hacer - Estudiar - Actuar (PDSA), Ciclo de Deming o Ciclo Shewhart.

El ciclo *Planear – Hacer – Verificar - Actuar* es un modelo de cuatro pasos para administrar un riesgo, fallo o cambio. Al igual que un círculo no tiene fin, el ciclo PDCA debe repetirse una y otra vez para la mejora continua.



Gráfico No. 3.8
Ciclo PDCA

Fuente: Tague, N. R. (2004). pp. 390-392.

- ***Cuándo utilizar el Ciclo de Planear - Hacer – Verificar - Actuar***

- Como un modelo para la mejora continua.
- Al iniciar un nuevo proyecto de mejora.
- En el desarrollo de un diseño nuevo o mejorado de un proceso, producto o servicio.
- Al definir un proceso de trabajo repetitivo.
- Al planificar la recolección y análisis de datos con el fin de verificar y priorizar problemas, fallos o causas.
- Al gestionar cualquier cambio.

- ***Mapeo de la Cadena de Valor (VSM)***

El Mapeo de la Cadena de Valor (VSM) es una herramienta muy poderosa, debido a que cuando se combinan los pasos utilizados en el procesamiento de materiales con el análisis de flujo de información, mejora la visibilidad y administración del proyecto, minimizando así la cadena de riesgos y errores.

VSM es sin duda una de las herramientas LEAN más poderosos que se utiliza para mejorar la planificación, administración y ejecución de los proyectos durante su ciclo de vida, esta herramienta permite a los administradores contar con recursos más eficaces con procesos más efectivos y con mayor disponibilidad.

Esta herramienta es conocida como la plataforma de lanzamiento de Toyota Motor Co para la identificación y mejora de familias de procesos que eliminarán las actividades no esenciales que no agregan valor, y ocasionan pérdida de tiempo y recursos. Si no va a agregar valor, estará añadiendo “muda” (residuos).

La cadena de valor en VSM es la parte del proceso en el que se añade valor real al producto o servicio cambiando la visión del mercado o de la función para satisfacer las necesidades del cliente.

Al implementar un Sistema VSM es importante tener en cuenta el tamaño real del equipo y cómo este puede afectar a la toma de decisiones y acciones. Un buen tamaño de equipo usualmente se encuentra entre siete y 10 miembros. Este tamaño facilita a los miembros el flujo de trabajo; es decir, el desarrollo de tareas y la visita real a cada uno de los equipos de trabajo participantes y que posteriormente serán evaluados en función de su rendimiento.

Como es de esperarse, cuanto mayor sea el equipo, más difícil será de administrar. Si el equipo tiene menos de siete miembros, puede que no haya suficientes recursos para proporcionar información integral.

De igual forma, la integración de un sistema visual VSM siempre es de utilidad para la lectura ágil del proceso. A continuación se presenta la simbología más usada para integración de los usuarios en este proceso.

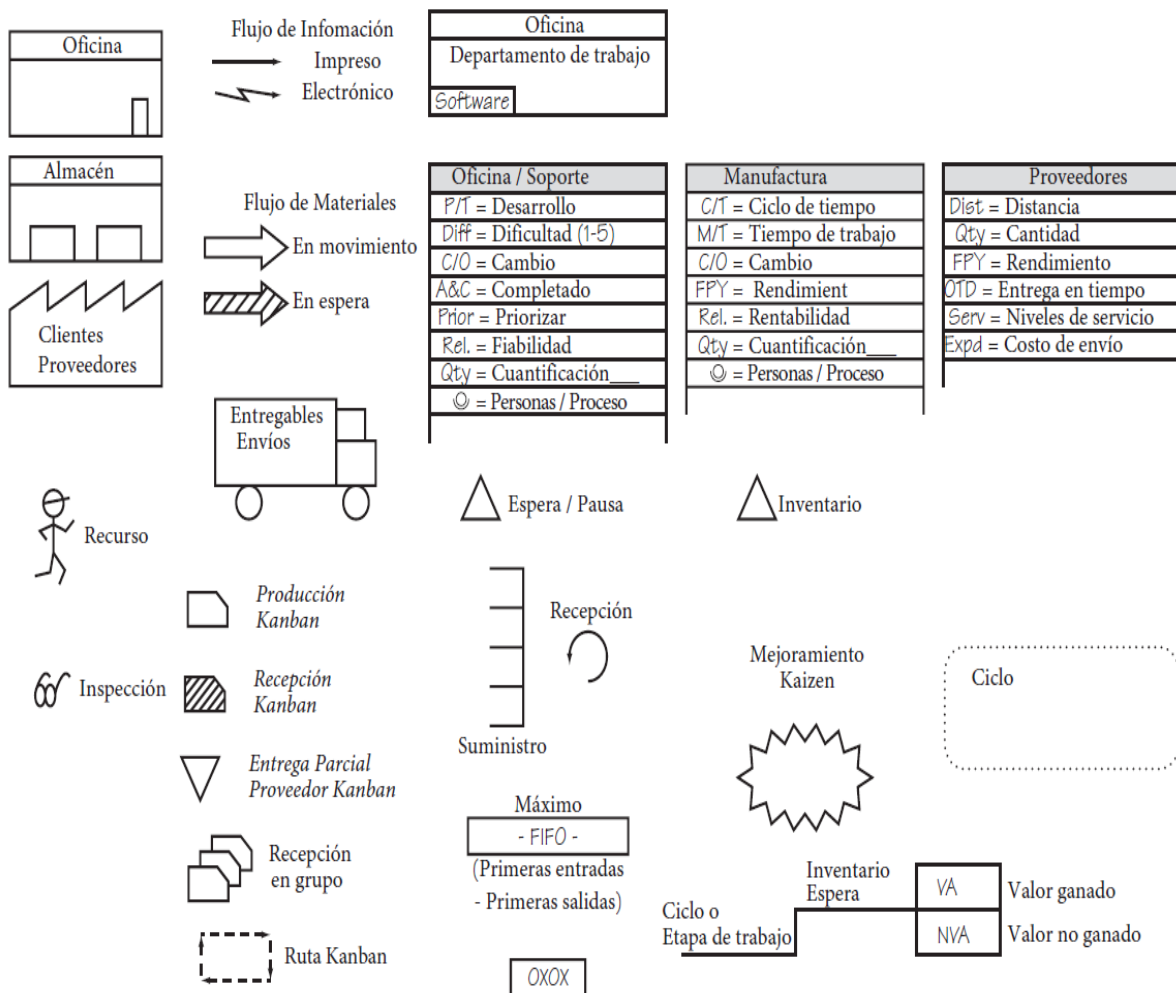


Gráfico No. 3.9
Simbología VSM
Fuente: Bicheno, J. (2004).

VSM es una herramienta eficaz para administrar riesgos y construir mejoras eficientes para cualquier organización. Por lo tanto, requiere un equipo especializado listo para plantearse cuestionamientos difíciles y pensar más allá del estado actual, con un equipo que no tiene miedo a administrar riesgos y errores.¹⁴

¹⁴ Rother, M., & Shook, J. (2009).

- ***Principios establecidos por la Ingeniería concurrente basados en conjuntos de Toyota (SBCE)***

El principio de Ingeniería concurrente de Toyota está basado en un conjunto de prácticas utilizadas para el desarrollo de productos de la marca, el cual difiere de modelos tradicionales debido a que Toyota no utiliza muchas de las prácticas de ingeniería concurrente de modelos exitosos.

- ***¿Cómo es Toyota capaz de hacer la ingeniería concurrente tan bien?***

La ingeniería tradicional, se basa en una serie de funciones lineales orientadas a desarrollar un trabajo específico con una solución única, como se muestra en la imagen inferior, el sistema tradicional no admite puntos de mejora o correcciones ya que es un proceso consolidado y bien establecido de producción en serie que pasa de departamento en departamento.

En la actualidad este proceso se considera tan eficiente como riesgoso, esto debido a que si alguno de los departamentos que realizan una labor específica comete un error, la producción entrará en riesgo ya que este no será detectado sino hasta la entrega final del producto afectando por consiguiente la calidad del producto y satisfacción del cliente.

Point-Based Serial Engineering

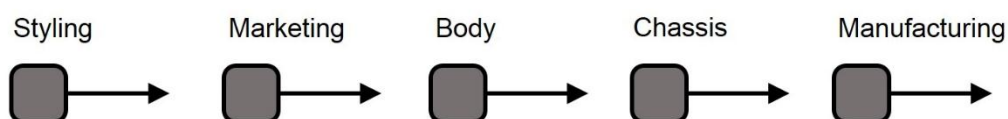


Gráfico No. 3.10
Enfoques Tradicionales Punto – Base para el Desarrollo de Productos

Fuente: Taylor III, A. (1997). pp. 100–108.

El sistema de Ingeniería concurrente basado en puntos no pretende desaparecer el “error”, ya que este puede ser atribuido a factores humanos que pueden ser minimizados, pero no eliminados. Sin embargo, este sistema busca crear un nuevo flujo de trabajo y de interacción, creando equipos multidisciplinarios y en constante retroalimentación capaces de minimizar el riesgo.

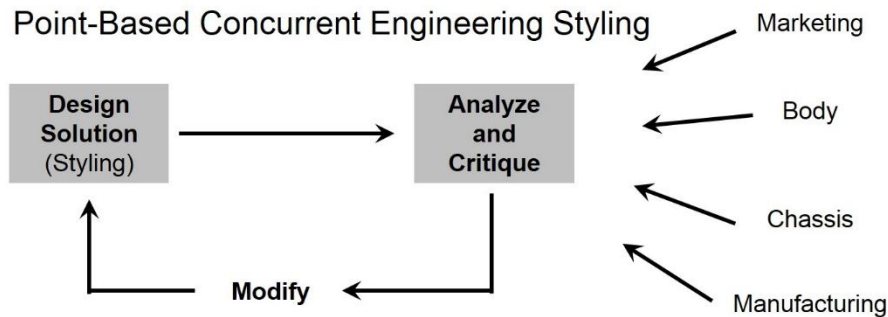


Gráfico No. 3.11
Sistema de Ingeniería Concurrente
 Fuente: Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990).

Por supuesto, esto es una simplificación a los ciclos de retroalimentación por medio de un modelo cuantitativo de “*iteración secuencial*”, el cual busca que los ciclos de retroalimentación entre equipos sean más cortos, esto ayudando a mejorar el flujo de información; reduciendo así el riesgo por toma de decisiones mal informada y minimizando la cantidad de juntas extraordinarias cara a cara.

En la actualidad al usar este sistema los ingenieros encuentran problemas cuando trabajan simultáneamente con otros miembros del equipo de desarrollo, ya que el diseño pasa constantemente de un grupo a otro para la crítica o retroalimentación desde diferentes perspectivas funcionales provocando nuevos cambios y análisis; lo que resulta en la reanudación y demandas de comunicación adicionales, muchas veces teniendo el riesgo de un diseño deficiente, lejos de la calidad óptima.

Al utilizar SBCE se asume que la mayor parte de las decisiones son tomadas en base razonamiento y comunicación lo que conduce a sistemas optimizados más robustos y una mayor eficiencia global de trabajo.

Una idea a la vez es la base de este sistema para administrar y eliminar el riesgo en las líneas de producción, sin importar lo ineficiente que parezca este sistema individual.

3.2.5 Ejemplos

▪ TOYOTA

Tal vez la mejor manera de aclarar el funcionamiento de SBCE es a través de ejemplos de cómo Toyota lo pone en práctica. Los siguientes ejemplos muestran una variedad de enfoques (explicados a detalle más adelante) que son consistentes con esta filosofía.

En el desarrollo de un estilo de un vehículo, Toyota hace más modelos de “macilla” a escala que la mayoría de sus competidores. Durante este proceso de desarrollo Toyota mantiene por lo menos dos modelos a escala real en paralelo, mientras que la mayoría de los competidores eligen solo un diseño; estos crean un modelo de “macilla” y lo llevan a la escala real para comenzar de inmediato con el diseño detallado, mientras que en Toyota al trabajar con el desarrollo de los modelos a escala real en proporción dos a tres, los ingenieros de Toyota pueden desarrollar planes estructurales para múltiples ideas de diseño y analizarlos para fabricación. De esta manera, podemos ver como Toyota con un mismo proyecto puede explorar un mayor número de soluciones que otras empresas de automóviles, ofreciendo un producto de mayor calidad a menor costo.

En el momento que en un programa de vehículos llega a la fase de matriz de decisiones, los fabricantes comunes de automóviles en Estados Unidos congelan las dimensiones nominales y tolerancias y consideran estas como el final de su proceso de diseño para entrar a la línea de producción.

Por su parte, en Toyota estas dimensiones se siguen considerando como “especificaciones”, por lo que se vuelven un objetivo para los fabricantes de moldes a refinar, estos fabricantes trabajan con las bases de CAD que proporciona Toyota y generan piezas que serán ensambladas, detalladas y probadas, eliminando los errores de diseño CAD y generando soluciones que pasen del plano virtual al plano físico con un desempeño excepcional.

Esto ejemplifica y elimina la creencia de que una dimensión nominal, que pareciera ser un punto fijo o único, en realidad implica una gama de soluciones aceptables.

Estos ejemplos simples, muestran como Toyota intenta cambiar el pensamiento en torno al diseño y la línea de producción creando mejores productos con procesos más eficientes en ambientes colaborativos y multidisciplinarios, lo cual se traduce en productos de calidad con un costo accesible.

- **FMEA**

Cuando hablamos de “TI” (Tecnologías de la información) podemos identificar una práctica común de las compañías desarrolladoras que es la liberación de nuevos softwares, muchas veces llega a nosotros de manera anticipada la nueva versión que está por ser liberada, pero con la leyenda “*Versión de Prueba*”.

- **¿A qué se refiere esto?**

La “Versión de Prueba” no es más que un **FMA** creado por la desarrolladora para determinar posibles fallos, errores y omisiones en el diseño, pero en ambiente productivo. Esto significa que el software no ha sido finalizado, por lo que el usuario ayudará por medio de retroalimentación a finalizar la etapa de diseño.

Esta práctica común asegura a las compañías informáticas que el producto final responderá de manera correcta a las necesidades del mercado al que va dirigido, ya que la versión o producto final estará enriquecido con las necesidades y lecciones aprendidas que se recolectaron en la “*Versión de Prueba*”.

La ventaja de la utilización de este método es la eliminación de redundancia en el diseño, reducción de costes por sobre diseño y el aseguramiento de la aceptación del producto final. Sin embargo, este modelo es difícil utilizarlo en ambientes donde el producto final implica grandes costos y una tolerancia 0% como sucede en la construcción.

- **Planificar – Hacer – Verificar - Actuar Procedimiento (PDCA)**

Al hablar de esta metodología podemos imaginar múltiples usos o aplicaciones tan complejas como lo queramos pensar, pero siguiendo en la línea de producción en serie esta es una de las prácticas más comunes y utilizadas por las compañías de automóviles durante el proceso de diseño y fabricación.

- **¿Cuántas veces hemos escuchado hablar de los circuitos de pruebas?**

Las compañías de automóviles mundialmente generan gran cantidad de unidades y prototipos al año que son llevados a la fabricación en escala 1:1 y probados en circuitos internos para verificar que el diseño y ajustes establecidos por medios digitales son los correctos, una vez realizada esta verificación la unidad es ajustada y en caso de no cumplir con lo esperado esta es desechada para comenzar con un nuevo diseño o prototipo único.

Este modelo totalmente contrario a lo que propone Toyota con su filosofía **SBCE** genera costos y consumo de tiempo que impactan fuertemente a las empresas, sin embargo se ha estudiado que estos costos se amortizan de manera aceptable en el momento que se pasa de concepto o prototipo a la producción en serie. No obstante, múltiples marcas se encuentran analizando distintas metodologías que los lleve a una mayor eficiencia.

3.3 Metodología PMI

3.3.1 ¿Qué es la Metodología PMI?

La Administración de Proyectos basada en el PMI Methodology propone la búsqueda y uso de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para cumplir con los requerimientos de un proyecto en particular.

Asimismo, esta metodología busca estandarizar el lenguaje y método de trabajo del equipo que ejecutará el proyecto, estableciendo los pasos a seguir y documentación que se utilizará en cada fase de forma tal de no omitir acciones importantes, tomar todos los recursos necesarios en el momento adecuado y tener todo el proyecto debidamente documentado durante el ciclo de vida.

Conforme a lo que establece el PMI, todo proyecto se compone de cinco grupos de proceso: **Inicio, Planeamiento, Ejecución, Control y Cierre.**

Por tal motivo el PMI propone que las tareas siempre se manejen de forma metódica en torno a estas 9 áreas, de forma que siempre se mantenga todo bajo control en el proyecto.

Áreas de Conocimiento
1. Integración
2. Alcance
3. Tiempo
4. Costo
5. Calidad
6. Recursos Humanos
7. Comunicaciones
8. Riesgos
9. Compras y Subcontrataciones

Tabla No. 3.4
Áreas de estudio PMI

Fuente: Project Management Institute. (2013).

3.3.2 Sinergias entre PMI y BIM para la Administración de Riesgos

La aplicación de la Metodología de Administración de Proyectos PMI es uno de los medios para salir de la crisis, ya que imprime método, seriedad, un lenguaje común entre los miembros del equipo, así como también establece objetivos conocidos y claros.

Asimismo, la Metodología PMI propone ver BIM, no solo como un conjunto de herramientas informáticas, sino que debe ser entendido como una nueva forma de trabajo y de gestionar el proceso de un proyecto en su fase de diseño y construcción con el objeto de mejorar la productividad y rentabilidad del mismo; esto sin olvidar que propone ser una metodología.

En BIM las herramientas de diseño son la parte más conocida, mientras que la administración y los procesos se han dejado de lado a pesar de su importancia.

Para el entendimiento de la metodología BIM bajo los principios del PMI se definen los siguientes términos más utilizadas en el ámbito de la gestión de proyectos:

- **Proceso:** Un conjunto de acciones y actividades interrelacionadas realizadas para obtener un producto, resultado o servicio predefinido. Cada proceso se caracteriza por sus entradas, por las herramientas y técnicas que puedan aplicarse y por las salidas que se obtienen.
- **Entrada:** Cualquier elemento del proyecto, interno o externo, que sea requerido por un proceso antes de que dicho proceso continúe. Puede ser el resultado de un proceso predecesor.
- **Herramienta:** Algo tangible, como una plantilla o un programa de software, utilizado al realizar una actividad para producir un producto o resultado.
- **Técnica:** Un procedimiento sistemático definido y utilizado por una o más personas para realizar una o más actividades para producir un producto o un resultado, o prestar un servicio, y que puede emplear una o más herramientas.
- **Salida:** Un producto, resultado o servicio generado por un proceso. Puede ser un dato inicial para un proceso sucesor.

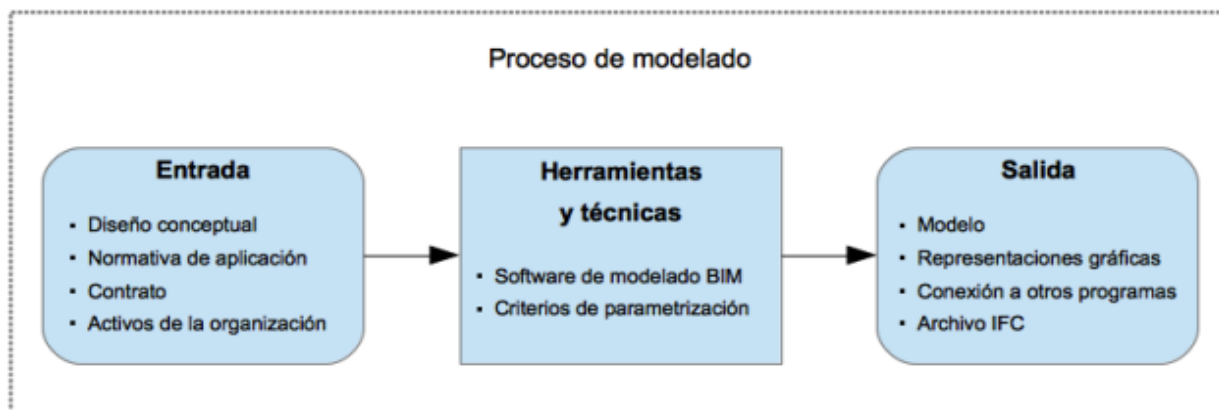


Gráfico No. 3.12
Proceso de Modelado BIM - PMI

Fuente: Raymond, L., & Bergeron, F. (2008).

En este proceso existen entradas y salidas, que a su vez para procesar los datos es necesario el uso de herramientas y técnicas. Por lo que el programa de modelado es una herramienta, por tal motivo no se debe entender BIM como un programa, sino como un conjunto de procesos interrelacionados, es decir una metodología.

En el entorno BIM podemos distinguir dos grandes grupos de herramientas:

1. **Herramientas para la creación de contenidos:** Son el instrumento más importante a disposición del equipo de diseño, con estas se crea el modelo.
2. **Herramientas de auditoría y análisis:** Están pensadas para completar las herramientas de creación de contenidos y necesitan de ellas para obtener el modelo. A su vez, pueden clasificarse en interactivas y unidireccionales conforme a la relación que se establezca con el entorno de modelado.

En el siguiente cuadro se muestra una relación de los tipos de herramientas BIM:

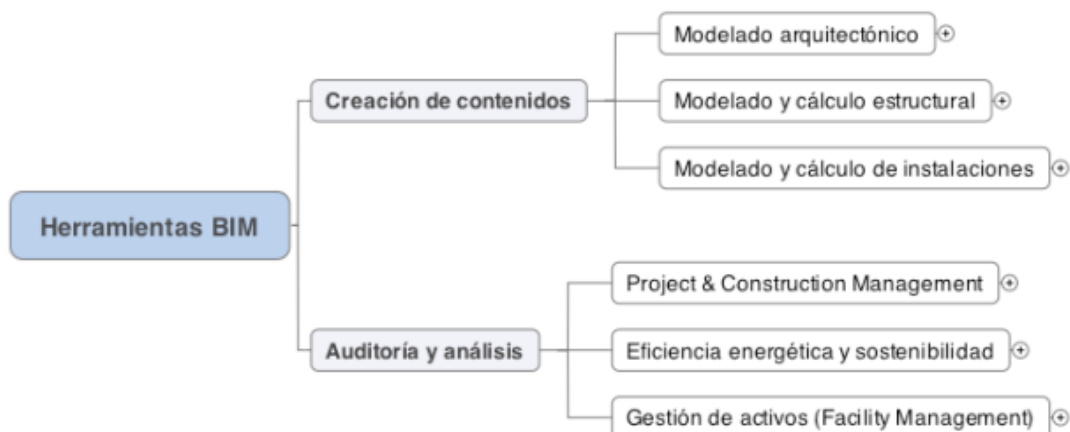


Gráfico No. 3.13
Herramientas BIM

Fuente: Kwak, Y. H., & Ibbs, W. C. (2002).

Como podemos observar en el *Gráfico No. 3.13*, en BIM encontramos diferentes herramientas que pudiendo satisfacer todas las necesidades de una Metodología innovadora, no lo hacen de la misma forma que una Metodología de Administración de Proyectos como lo es el PMI, ya que no cuenta con un grado de madurez para analizar distintas clases de proyectos.

3.3.3 Desperdicios en PMI por mala gestión

Son distintos los desperdicios que se tienen en los Proyectos que se majan diariamente, los cuales representan sobrecostos y que pueden sacar de balance a un proyecto.

PMI como metodología tradicional no identifica como tal un desperdicio, sino lo asocia a un exceso de gestión el cual en la mayor parte de los proyecto no puede ser identificado hasta etapas avanzadas o al final del proyecto, lo cual nos dará la oportunidad de implementar las lecciones aprendidas de en Proyectos futuros. La “sobre gestión” en PMI puede ser identificada en la totalidad del proyecto o en cada una de las áreas de conocimiento.

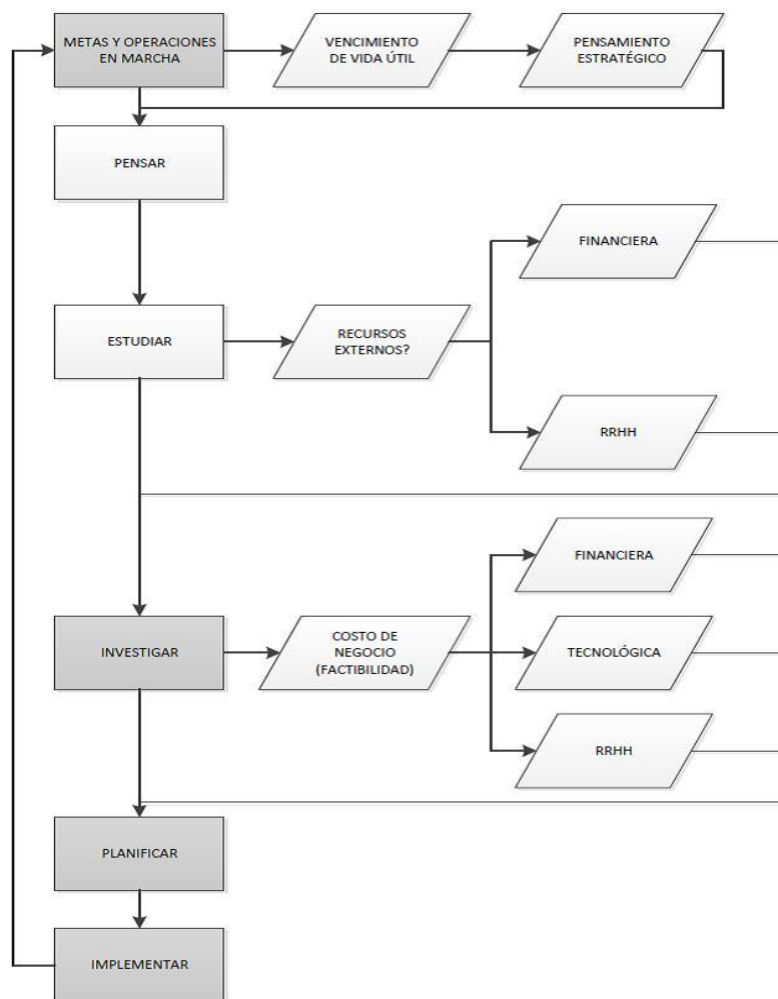


Gráfico No. 3.14
Ciclo de Vida de un Proyecto en PMI
Fuente: Project Management Institute. (2013).

Otro caso de desperdicio en PMI está asociado al incumplimiento de los criterios de salida de los productos solicitados por el cliente, “*los defectos*” no son más que tareas mal realizadas, incompletas o que fueron evadidas produciendo insatisfacción, además de los costos que van asociados a la re-planificación y re-ejecución de dichas actividades.

Al igual que en ambientes controlados como en la Industria, no hay que dejar de lado los costos indirectos generados por la insatisfacción del cliente, los cuales de no ser atendidos de manera inmediata crecen exponencialmente, por lo que es necesario que al inicio del proyecto exista una buena definición y detalle de entregables a desarrollar, tanto finales como intermedios.

- **¿Hasta dónde llegar para evitar la sobre producción o exceso de gestión?**

La “*sobre gestión*” no es más que el exceso de la administración o procesos que no generan valor o mejor control en un proyecto, por lo que la “*sobre producción*” se define como producir más de lo demandado por el cliente. El resultado de estos dos procesos es un producto que sobrepasa las especificaciones, alcances solicitados y cuyo valor añadido en caso de tenerlo, no obtendrá ninguna compensación.

En la mayoría de los casos las sobre producciones más comunes se dan por la ejecución prematura de tareas, la asignación de recursos solo porque están disponibles y no porque son necesarios. La forma más fácil de identificar estos desperdicios durante el ciclo de vida de un proyecto es la generación y entrega excesiva de informes que presentan datos redundantes y que son de poco interés para los miembros del proyecto.

Todos estos “desperdicios” o “errores” en los proyectos usualmente están dados por la mala gestión y principalmente por la falta de definición al inicio de los proyectos, esto no quiere decir que solo pase en Metodologías Tradicionales; Sin embargo, estas son más propensas a caer en este tipo de malas prácticas debido al exceso de procesos, formatos y personal involucradas en los proyectos.

A continuación se muestra un gráfico donde se definen los 8 principales desperdicios generados en los proyectos derivados de una mala gestión durante el Ciclo de Vida y que en metodologías de pensamiento y con herramientas ágiles son recortadas o minimizadas para mejorar el desempeño de los proyectos, de los equipos de trabajo y la relación con el cliente; optimizando la comunicación y generando entregas más precisas que minimizan el margen de error por mala interpretación y logística.



Gráfico No. 3.15
Desperdicios en BIM

Fuente: Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2012).

En los últimos años, se ha detectado la necesidad de incluir una nueva categoría de desperdicios y esta va en función de las habilidades no aprovechadas que se encuentran en un proyecto, este es el caso de la selección de personas de confianza por encima de otras con las mismas habilidades, en la pérdida de oportunidades de mejora debido a un análisis deficiente de las posibilidades y el desaprovechamiento de ideas útiles.

3.3.4 Herramientas y Técnicas para la Administración de Riesgos en PMI

La gestión de riesgos en PMI es un proceso sistémico de identificación, análisis y respuesta a los riesgos que presentan los proyectos, este se basa en aumentar la probabilidad de los eventos positivos y disminuir la probabilidad de impacto de los eventos ajenos al proyecto.

Existe en la actualidad distintas técnicas utilizadas para la gestión de proyectos, la mayoría de ellas considera importante el análisis y gestión de riesgos. Sin embargo, otras metodologías han sido creadas para plantear medidas oportunas y así mantener los riesgos bajo control, en proyectos específicos.

El PMBOK de PMI plantea seis etapas o procesos en términos de entradas, herramientas, técnicas y salidas involucradas en la gestión de riesgos. Estos procesos se aplican dependiendo el tipo de proyecto y cómo se encuentra dividido: en fases, recursos, etc.

1. Planificación de la gestión de riesgos.
2. Identificación de riesgos.
3. Evaluación de riesgos, esta tiene como meta cumplir con los siguientes objetivos:
 - Entendimiento del proyecto.
 - Identificar alternativas.
 - Procurar la valoración sistemática del riesgo.

Así mismo se deben considerar enfoques de evaluación del riesgo en base a los siguientes:

- Cualitativo
- Cuantitativo

Una vez seleccionado el enfoque de valuación de riesgos, se continúa con el proceso para comenzar con la evaluación, que consiste en los siguientes puntos:

1. Determinar la escala de probabilidad (cualitativa o cuantitativa).
2. Determinar el impacto (alto, medio, bajo).
3. Priorizar los riesgos, según valor esperado.
4. Realizar el análisis cualitativo de riesgos (probabilidades).
5. Realizar el análisis cuantitativo de riesgos.
6. Planificación de respuesta, teniendo por objetivos principales:
 - a. Minimizar los impactos del riesgo en el proyecto.
 - b. Maximizar los resultados de eventos favorables al proyecto.

A continuación se muestra el diagrama general de administración de riesgos en la Metodología PMI:

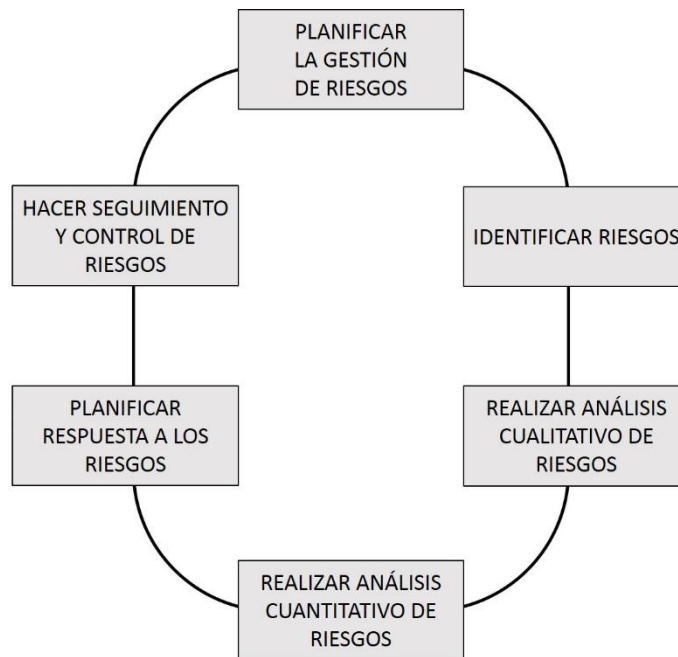


Gráfico No. 3.16
Administración de Riesgos en PMI

Fuente: Project Management Institute. (2013).

Y finalmente se plantea un tipo de respuesta al riesgo identificado y estudiado, las cuales pueden ser cuatro principalmente.

- Se ignora
 - Se evita
 - Se mitiga
 - Se acepta
7. Seguimiento y control de riesgos, el cual es un seguimiento continuo durante el ciclo de vida del proyecto, teniendo como objetivos principales:
- Asegurar la ejecución del plan de respuesta
 - Evaluar la efectividad del plan

A continuación se muestra el flujo principal de como la Metodología PMI gestiona y responde ante la presencia de riesgos en un proyecto, basada en los puntos establecidos anteriormente. Es importante mencionar que esta es un Metodología con un Sistema Tradicional de respuesta y acción a las posibles “amenazas” en los proyectos.

Cabe mencionar, que la Metodología PMI no es exclusiva de Proyectos Constructivos o relacionados a la Ingeniería o Arquitectura, sino que es un Sistema de Administración aplicable a cualquier tipo de proyecto, generando acciones generales o estandarizadas para todo tipo de proyectos, lo que en muchas ocasiones genera ineficiencia o “pérdidas” importantes en los proyectos.

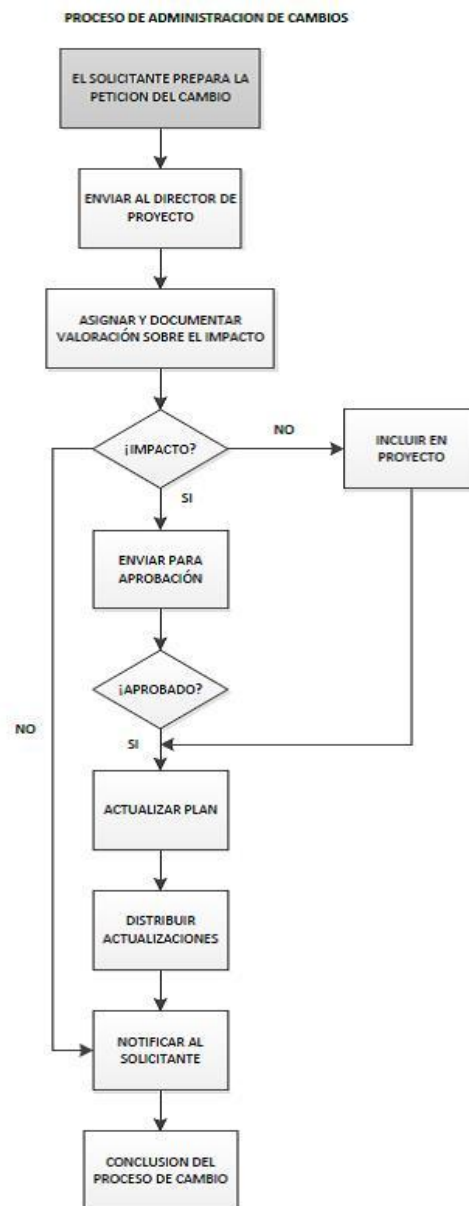


Gráfico No. 3.17
Administración de Cambios en PMI
Fuente: Project Management Institute. (2013).

3.3.5 Ejemplos

A continuación se muestran algunas de las fuentes de riesgo más claras que identifica la Metodología PMI en proyectos:

- Inexactitud de los flujos de efectivo del proyecto.
- Tipo de negocio y estado futuro de la economía.
- Tipo de planta física y equipo implicado.
- Longitud del período de estudio aspectos humanos.
- La normatividad del manejo del cronograma.
- Las suposiciones generales.
- El presupuesto (y su manejo).
- El entorno del proyecto.

De igual forma el PMI ha determinado que los riesgos en los proyectos están dados en cuatro categorías principalmente, sin importar el rubro del proyecto.

Dicho lo anterior, a manera de delimitar acciones para generar acciones generales aplicables a proyectos de distintas áreas, a continuación se muestran las cuatro categorías.

1. Riesgos técnicos, de calidad o ejecución.
2. Riesgos de gestión del proyecto.
3. Riesgos de la organización.
4. Riesgos externos.

Al ser el PMI una metodología general, aplicable a cualquier industria, ejemplos de su eficiencia en la gestión de proyectos y administración de riesgos pueden ser encontrados en todas las industrias; algunos con buenos resultados y otro con un bajo coeficiente de éxito. Sin embargo, como se mencionó anteriormente las soluciones “*conservadoras*” que esta metodología ofrece han sido un punto de debate frente a la efectividad y eficiencia de metodologías ágiles o dinámicas.

En la actualidad la Metodología PMI sigue siendo la más utilizada en el las industrias en general.

4. ANÁLISIS

4.1 Análisis de Áreas de Oportunidad

Como lo hemos visto, las Metodologías Tradicionales (PMI), Metodologías Ágiles (LEAN) y Metodologías Tecnológicas enfocadas a la Administración de Proyectos en la Construcción funcionan aparentemente bien, pero cuando las estudiamos más a fondo vemos que tienen áreas de oportunidad importantes.

De potencializar estas áreas de oportunidad creando alianzas o sinergias entre algunas de ellas podríamos generar, administrar y construir proyectos de manera más eficiente, dejando atrás la estadística que habla del mundo de la construcción como una de la industrias con mayor grado de ineficiencia.

Hasta ahora hemos hablado de las tres principales metodologías que se utilizan para administración de proyectos, pero habría que plantearnos algunas preguntas más.

- ¿Existen ventajas entre metodologías ágiles y tradicionales?
- ¿Porque estas mismas metodologías funcionan correctamente en otros ambientes?
- ¿Hasta dónde llega la Administración de Proyectos?

En muchas ocasiones se cree que la Administración de Proyectos se limita a tres puntos principales:

- Tiempo
- Recursos
- Costo

Pero los proyectos son mucho más complejos que eso y hay diferentes factores que deben de tomarse en cuenta para lograr un “*Proyecto Exitoso*”, estos son algunos de ellos.

- Ciclo de Vida del Proyecto (Hasta dónde llegar).
- Aseguramiento de la Calidad (QA).
- Desempeño del equipo (Niveles de Productividad).
- Comunicación (Entre el equipo y con el cliente).
- Re-trabajo (Solicitudes de cambio).
- Implementación (Seguimiento posterior a la entrega).

Estos son algunos de los puntos de los que trataremos más a fondo en este análisis.

4.2 Gestión de Proyectos con Metodologías Ágiles Existentes

4.2.1 Tradicional Vs. Ágil

Al hablar de Tecnologías Ágiles es muy fácil asociarlas con desarrollo de software, las cuales a diferencia de la Ingeniería o Arquitectura tienen un grado de complejidad distinto, con muchas reglas de negocio que se automatizan cuando se construye software; por lo que muchas veces se tiene la idea general, pero no se conoce la capacidad real del programa hasta que se trabaja en su implementación y se ven las primeras versiones o “*releases*”.

Otra diferencia con la Ingeniería o Arquitectura radica en que es difícil documentar una única vez (planos), o antes de la codificación; es decir, generar un diseño donde se especifique sin variaciones todas las cuestiones a implementar en la programación.

Por tal motivo las Ingenierías o Arquitectura siguen Ciclos de Vida distintos que se denominan Ciclos de Vida en Cascada o Predictivos, ya que estos precisan de un diseño previo a la construcción, que sea exhaustivo e inamovible.

- ***Planos Arquitectónicos antes de empezar el edificio***

En Ingeniería o Arquitectura construir sin una definición previa es sinónimo de cambios en la construcción, lo cual es muy costoso. Por ejemplo, cambiar la posición de una columna en un edificio o realizar modificaciones a la estructura de un puente ya construido tiene una implicación en costo muy alto. Es por eso que la arquitectura o las Ingenierías buscan lograr a toda costa diseños o planos de un alto nivel de detalle, para que una vez que comience la fase de construcción no tengan que ser modificados.

Sabemos que los planos de construcción deben ser precisos y las variaciones que pueden existir son pocas o nulas, este nivel de precisión o detalle previo a la construcción se puede lograr debido a que la mayoría de los diseños de las ingenierías y arquitectura hacen un mayor uso de las *ciencias exactas* como las matemáticas o física.

En el diseño de software los procesos funcionan de una manera distinta, los requerimientos van cambiando a medida que el software se va desarrollando; por lo que los procesos nunca se cierran en el principio, sino evolucionan junto con el desarrollo.

Es importante mencionar que, normalmente, en la Arquitectura o en las Ingenierías los costos de construir son muy elevados en comparación con los de diseñar. El coste del equipo de diseñadores es sustancialmente inferior al de la realización de la obra (puentes, edificios, etc.).

- ***¿Es aplicable las metodologías ágiles a la Ingeniería o Arquitectura?***

Es con esta pregunta donde encontramos el reto de análisis en los Ciclos de Vida de ambas disciplinas y donde ambas tienen grandes aportaciones que hacer una a la otra generando un mayor grado de eficiencia en sus procesos y recursos.

La anterior relación de costos no se comporta igual en el diseño de software; es decir, cambiar líneas de código tiene menos impacto que cambiar los pilares de un edificio ya construido.

- ***¿Qué puede aportar la Ingeniería de software y las Metodologías Ágiles a la construcción?***

En las ingenierías o la arquitectura los roles y especialización en cada fase son diferentes. Los diseños y planos son elaborados por arquitectos que usualmente no participan en la fase de construcción, muchas veces debido a una creencia que la construcción es más manual que intelectual, generando dos actividades o posturas claramente diferenciadas: el diseño y la construcción.

En la ingeniería de software y las Metodologías Ágiles el proceso de construcción es diferente, ya que si se tratara de replicar la Metodología de Construcción tradicional se generarían problemas y errores muy importantes a la hora de gestionar diseñar y construir el software.

Diferenciar el cómo se construye software del cómo se construyen los productos físicos es uno de los pilares de las metodologías ágiles (M. Fowler, 2005). De hecho es un tema del que se ha escrito mucho y también se ha debatido bastante, desde hace muchos años con posturas a favor y en contra. Esto debido a que en software, el diseño y construcción muchas veces se empalman creando una fuerte relación entre equipos multidisciplinarios de diseño y construcción.

4.2.2 Análisis de Ciclos de Vida

Para determinar posibles áreas de mejora es necesario analizar los principales Ciclos de Vida que existen en la actualidad, por lo que a continuación hablaremos más sobre ellos, describiendo sus principales características, funcionalidades y aplicaciones tanto actuales como futuras.

- **Cascada**

Las fases del ciclo de vida (requisitos, análisis, diseño, etc.) se realizan de manera lineal, una única vez, y el inicio de una fase no comienza hasta que termina la fase anterior.

El modelo Cascada es lineal, y el más utilizado en la construcción de productos físicos (Ingeniería y Construcción), pero su principal problema radica en que no deja claro cómo responder cuándo el resultado de una fase no es el esperado.

Es el ciclo de vida más criticado en los últimos años. En muchos proyectos su implantación ha sido un fracaso, mientras que hay otros proyectos que trabajan perfectamente de esta manera.

- **El Ciclo de Vida Incremental**

Cada iteración contiene las fases del Cascada estándar, pero cada iteración trabaja sobre un subconjunto de funcionalidad. La entrega total del proyecto se divide en subsistemas priorizados.

Desarrolla por partes el producto software, para después integrarlas a medida que se completan.

- **El Ciclo de Vida Iterativo**

En cada ciclo e iteración se revisa y mejora el producto, está basado en refactorizaciones, en el que cada ciclo mejora más la calidad del producto.

Es importante señalar que este ciclo no implica añadir funcionalidades en el producto, pero sí la revisión y la mejora.

- **Iterativo e Incremental**

Incremental = añadir, iterativo = re-trabajo

Se van liberando partes del producto (prototipos) periódicamente en cada iteración, y cada nueva versión, normalmente, aumenta la funcionalidad y mejora en calidad respecto a la anterior.

El Ciclo de Vida Iterativo e Incremental es una de las bases de un proyecto ágil, con iteraciones cortas en tiempo, de pocas semanas, normalmente un mes.

- **Ciclo de vida ágil**

Si definimos un Ciclo de Vida Ágil, este sería un Ciclo de Vida Iterativo e Incremental, con iteraciones cortas y sin que dentro de cada iteración tenga porque haber fases lineales tipo cascada; quizás el caso más popular de este Ciclo de Vida Ágil es el de Scrum.

La principal diferencia de los ciclos de vida entre cascada, espiral e iterativo y los ciclos de vida ágiles, concretamente Scrum, es que estos últimos asumen que el análisis, diseño, etc. de cada iteración o *Sprint* son impredecibles. Los *Sprints*, o iteraciones cortas, no son lineales y son flexibles.

Por lo tanto, un proyecto ágil se podría definir como una manera de enfocar el desarrollo de proyectos mediante un ciclo iterativo e incremental, con equipos que trabajan de manera altamente colaborativa y auto-organizados; implicando una máxima colaboración e interacción de los miembros del equipo en grupos multidisciplinarios, eliminando ciertos roles que sólo diseñen o dibujen... todos pueden diseñar, dibujar así como aportar soluciones a la construcción. Estos equipos funcionan de manera auto-organizada, es decir, que en la mayoría de los proyectos ágiles no hay, por ejemplo, un único jefe de proyecto responsable de asignar tareas.

Un proyecto ágil lleva la iteración al extremo:

1. Se busca dividir las tareas del proyecto en trabajos o iteraciones de una corta duración (según la metodología ágil, típicamente entre 1 y 4 semanas).
2. Cada trabajo o iteración suele concluir con un entregable que es revisado junto con el cliente, abriendo la aparición de nuevos requisitos o la perfección de los existentes, reduciendo riesgos globales y permitiendo la adaptación rápida a los cambios.

Normalmente un proceso ágil se basa en un ciclo de vida iterativo e incremental, pero no todo proceso iterativo e incremental es un proceso ágil. Además, están la colaboración y los equipos auto-organizados.

4.2.3 Proyectos Ágiles

- **¿Qué caracteriza un proyecto ágil?**
- **El Valorar a los individuos y las interacciones del equipo de desarrollo sobre el proceso y las herramientas.** Se tendrán en cuenta las buenas prácticas de desarrollo y gestión de los participantes del proyecto (siempre dentro del marco de la metodología elegida). Esto facilita el trabajo en equipo y disminuye los impedimentos para que realicen su trabajo. Asimismo, compromete al equipo de desarrollo y a los individuos que lo componen.

- **Desarrollar soluciones o entregas funcionales más que conseguir una documentación exhaustiva.** No es necesario producir documentos a menos que sean necesarios de forma inmediata para tomar una decisión importante. Los documentos deben ser cortos y centrarse en lo fundamental. La variación de la cantidad y tipo de documentación puede ser amplia dependiendo el tipo de cliente o de proyecto.
- **La colaboración con el cliente más que la negociación de un contrato.** Es necesaria una interacción constante entre el cliente y el equipo de trabajo. De esta colaboración depende el éxito del proyecto. Este es uno de los puntos más complicados de llevar a cabo, debido a que muchas veces el cliente no está disponible. En ese caso, desde dentro de la empresa existirá una persona que represente al cliente, haciendo de interlocutor y participando en las reuniones del equipo.
- **Responder a los cambios más que seguir estrictamente un plan.** Pasamos de la anticipación y la planificación estricta sin poder volver hacia atrás a la adaptación. La flexibilidad no es total, pero existen muchos puntos, todos ellos controlados donde se pueden adaptar las actividades.

▪ ***Los Principios Ágiles***

1. La prioridad es satisfacer al cliente mediante entregas tempranas y continuas que aporten valor.
2. Dar la bienvenida a los cambios. Se capturan los cambios para que el cliente tenga una ventaja competitiva.
3. Entregar frecuentemente información que funcione desde un par de semanas a un par de meses, con el menor intervalo de tiempo posible entre entregas.
4. La gente del negocio y los proyectistas deben trabajar juntos a lo largo del proyecto.
5. Construir el proyecto en torno a individuos motivados. Darles el entorno y el apoyo que necesitan y confiar en ellos para conseguir finalizar el trabajo.
6. El diálogo cara a cara es el método más eficiente y efectivo para comunicar información dentro de un equipo de desarrollo.
7. El software que funciona es la medida fundamental de progreso.
8. Los procesos ágiles promueven un desarrollo sostenible. Los promotores, desarrolladores y usuarios deberían ser capaces de mantener una paz constante.

9. La atención continua a la calidad y el buen diseño mejora la agilidad.
10. La simplicidad es esencial.
11. Las mejores arquitecturas, requisitos y diseños surgen de los equipos organizados por sí mismos.
12. En intervalos regulares, el equipo reflexiona respecto a cómo llegar a ser más efectivo, y según esto ajusta su comportamiento.

4.3 Análisis y Clasificación de Riesgos Ágiles

Como ya lo hemos comentado la industria de la construcción es una de las menos eficientes y cuenta con un alta tasa de fracaso en sus proyectos, y me refiero a fracaso como una baja productividad, gran número de cambios y sobrecostos.

La tasas de éxito hoy en día es ligeramente superior a la de hace 30 años, esto con respecto al enorme desajuste entre las expectativas del proyecto y los resultados del mismo, desde entonces una gran variedad de herramientas y métodos han evolucionado para ayudar a mejorar las probabilidades de éxito.

La principal herramienta que ha evolucionado es la Metodología de Gestión de Proyectos. Incluso con quince años de experiencia combinada con la mejora de las herramientas de desarrollo de proyectos y mejores métodos, la tasa de éxito de proyectos en la construcción manejados con LEAN Construction han tenido ganancias mínimas.

Esto no refleja más que la industria de la construcción es cada vez más compleja y con incertidumbres que no deberían existir, pero que a la vez no han podido ser eliminadas. Debido a la exclusividad de cada proyecto, esto se intenta manejar de una manera adecuada con la Gestión de Riesgos, identificando las cosas que no conocemos (las incertidumbres) y cuantificarlos de manera que puedan ser manejadas. Esto suena como una paradoja, pero es una que podemos manejar.

▪ ¿Cómo se puede cuantificar lo que no sabes?

Métodos ágiles como SCRUM son un participante relativamente nuevo en el campo de la Gestión de Proyectos.

Un principio básico de los métodos ágiles es que los equipos desarrollan una serie continua de información utilizable y que genera valor en ciclos muy cortos llamados *Sprints*.

Cada entrega de información es evaluada, generando correcciones rápidas de temas identificados fácilmente, las tareas son priorizadas y las más importantes se programan para el siguiente sprint.

▪ ***¿Un enfoque ideal?***

Esta práctica en la actualidad es muy común en el desarrollo de software y para muchos equipos funciona muy bien como equipos ágiles, ya que su tasa de éxito es mayor comparada con los resultados al utilizar Metodologías tradicionales.

La mayoría de las metodologías tradicionales le dedican demasiado tiempo y esfuerzos a la Gestión de Riesgos, mientras que en Enfoques Ágiles tienden a manejar los riesgos de una manera implícita. Esto puede funcionar bastante bien si los factores que afectaban el resultado son la toma de decisiones, pero existen un sinfín de factores que también afectan a los proyectos de manera externa, si este es el caso esta aproximación tendría un alto índice de fracaso.

Como lo he mencionado numerosas veces anteriormente, una buena gestión de riesgos puede mejorar aún más la tasa de éxito que ofrecen las Metodologías Ágiles.

La administración de Riesgos debe darse de una manera simple y ágil, es por eso que se puede subdividir en los siguientes seis puntos.¹⁵

1. Identificar
2. Clasificar
3. Cuantificar
4. Planear
5. Actuar
6. Repetición

Estos cinco pasos definen de manera simple como debería de ser la administración de riesgos en una Metodología Ágil, el sexto punto que hace referencia a la repetición, es un punto enfocado al uso de *lecciones aprendidas* en todos los proyectos, lo cual nos lleva a la mejora continua.

¹⁵ Waters, K. (2012).

▪ **¿Cómo identificar los riesgos?**

Los riesgos son factores que podrían afectar negativamente el resultado de un proyecto. El riesgo es la consecuencia directa de la incertidumbre. Si no hay incertidumbre, no es un riesgo, es una certeza.

▪ **¿Análisis, Planeación y Gestión de Riesgos?**

El análisis de riesgos se utiliza para ayudar a un equipo a comprender la incertidumbre que podrían afectar el resultado del proyecto.

La gestión del riesgo (a veces llamada la Mitigación del Riesgo), es el plan que el equipo pone en lugar de adelantarse, contener o mitigar los efectos de los riesgos para un proyecto.

Lo importante a recordar es que, incluso en proyectos simples, las cosas pueden y van a salir mal, y que es necesario hacer planes para minimizar el impacto de estos eventos cuando se producen.

1. Identificar

Cabe mencionar que el *Riesgo* tiene dos influencias dimensionales. La primera *Útil / Nocivo*, es una simple evaluación de factores que tienen una influencia potencialmente positiva o negativamente en el éxito de nuestro proyecto:

- **Útiles:** Factores que adelantan los objetivos del proyecto.
- **Nocivos:** Los factores que obstaculizan o ponen en peligro el resultado del proyecto.

La segunda dimensión de los riesgos es la identificación de la fuente del riesgo:

- **Internos:** Factores originados dentro de la organización o en el ámbito de influencia del proyecto.
- **Externos:** Factores externos a la organización o al proyecto.

La combinación de estos factores en una evaluación de dos dimensiones nos proporciona la clásica vista de análisis **FODA** de nuestro proyecto.

En el siguiente diagrama, vemos las dos dimensiones en una matriz de dimensión *Útil / Nocivo* representado como columnas, e *Interno / Externo* representados como filas.



Gráfico No. 4.1
Análisis FODA

Fuente: <http://www.edukanda.es>

- **Puntos Débiles:** Son factores sobre los que se tiene un cierto grado de control.
- **Amenazas:** Son factores sobre los que se tiene poco o ningún control. Es importante entender que a pesar de que no tengamos ningún control sobre un factor, como una pandemia, por lo general hay cosas que podemos hacer para controlar o minimizar los efectos de riesgo en nuestro proyecto.

Ejemplos de debilidad en la Administración de Riesgos.

- La falta de recursos
- Presupuesto limitado
- Cronograma agresivo o ajustado
- Falta de expertos o habilidades en el equipo
- Falta de herramientas tecnológicas
- Falta de consenso de las partes interesadas
- Falta de plan de recuperación de desastres
- Ejemplos de Amenazas
- Cambios rápidos y significativos
- Cambios en los recursos o equipo
- Curva de aprendizaje

2. Clasificar

Cada uno de los riesgos tiene que ser categorizado conforme a la zona afectada, la probabilidad y el nivel de impacto que puede tener sobre el proyecto. Las clases de riesgos se utilizan principalmente para organizar e informar de los riesgos para la gestión a las partes interesadas.

La siguiente tabla es una lista de los riesgos de clase 1 que normalmente utilizo.

Clase de Riesgo	Descripción
Solución	Satisface los requerimientos del Usuario Final (Calidad, Desempeño, Etc.).
Línea de Tiempo	El Proyecto se encuentra en tiempo.
Presupuesto	El presupuesto está conforme a lo planeado / existen suficientes fondos.
Privacidad	La solución se apega a las políticas de privacidad de la empresa.
Seguridad	Es una propuesta segura.
Recursos	Se cuenta con el número de recursos necesarios y capacitados para completar el proyecto.
Alcance	El alcance del proyecto se encuentra definido.

Tabla No. 4.1
Clasificación de Riesgos Clase 1

Fuente: Preve A., L. (2009).

- **¿Valor o Importancia por Tipo de Riesgo?**

La mayor parte de riesgos en un proyecto se pueden clasificar como *riesgos de impacto bajo*, esto también depende del tipo de proyecto, tiempo y recursos que estén involucrados en el mismo.

En general existe un código de colores para clasificar los tipos de riesgos de acuerdo a su impacto o repercusiones inmediatas o futuras en el proyecto.

Sin embargo, en LEAN y las Metodologías Ágiles los *riesgos bajos* solo tienen que ser administrados para que no impacten al proyecto de manera sustancial, mientras que los *riesgos de nivel alto* son en los que realmente debemos de centrarnos porque son estos los que pueden ser verdaderas amenazas.

Los defectos son temas que pueden requerir más atención aunque sólo sea porque como defectos probablemente tienen una mayor visibilidad en los proyectos.

3. Cuantificar

Hasta ahora hemos entendido que es importante medir los riesgos, pero es aquí donde debemos preguntarnos.

- **¿Cómo hacemos para lograr eso?**

Un método de medición simple es la utilización de una matriz basada en dos vectores, en este caso los dos vectores que utilizaremos serán la probabilidad y el impacto. Los riesgos que identifique cada uno deben evaluarse de acuerdo con estos dos vectores.

Es importante recordar que SCRUM es un trabajo en equipo de manera que dependerá del equipo aportar su experiencia a la mesa para la medición.

Una vez que el equipo ha realizado sus evaluaciones, es de bastante utilidad discutir estas como un equipo para asegurar que hay un enfoque coherente y la ponderación aplicada a través de todas las evaluaciones es la misma. Esto también permite que el pensamiento y supuestos detrás de las evaluaciones influyan en la evolución de las posibles soluciones; incluso muchas veces se puede descubrir riesgos adicionales en este proceso.

Hay que recordar que el impacto de un riesgo es una medida de su efecto en el proyecto que va desde mínimo, donde las consecuencias serían muy pequeñas, hasta extrema. A continuación se muestra una tabla sugerida.

IMPACTO	DESCRIPCIÓN
5	EXTREMO <ul style="list-style-type: none"> - Puede Resultar en la falla del Proyecto - El presupuesto podría excederse en un 50% - El Proyecto podría entregarse tarde en más de un 50% - Podría afectar el funcionamiento de la empresa o del equipo
4	HIGH <ul style="list-style-type: none"> - Podría impactar en puntos específicos como calidad - El presupuesto podría excederse en un 25% - El Proyecto podría entregarse tarde en más de un 25%
3	MODERADO <ul style="list-style-type: none"> - Riesgo bajo de afectación al proyecto - El presupuesto podría excederse en un 10% - El Proyecto podría entregarse tarde en más de un 10%
2	NOMINAL <ul style="list-style-type: none"> - No requiere monitoreo - El presupuesto podría excederse en un 5% - El Proyecto podría entregarse tarde en más de un 5%
1	MÍNIMO <ul style="list-style-type: none"> - Impacto mínimo o nulo en algunos aspectos del proyecto - Deberá ser revisado trimestralmente

Tabla No. 4.2
Descripción de Riesgos

Fuente: Preve A., L. (2009).

Vale la pena mencionar que en muchos casos hay una muy alta probabilidad de que un riesgo puede ser realizado, entonces es claro que se debe tener la atención del equipo. De manera inversa, si hay una probabilidad muy baja de riesgo que se está realizando, entonces es probable que debiera recibir menos atención por parte del equipo.

De esta manera, nos aseguramos que la mayor atención se centra en los riesgos con mayor probabilidad de ocurrencia. La siguiente tabla proporciona una escala sugerida para evaluar la probabilidad de manifestación de Riesgos.

PROBABILIDAD	DESCRIPCIÓN
5	91 – 100% o muy probable que ocurra.
4	61 90% o probable que ocurra.
3	41 – 60% o sucede la mitad de las veces.
2	11 – 40% o poco probable que ocurra.
1	0 – 10% o muy poco probable que ocurra.

Tabla No. 4.3
Probabilidad de Manifestación de Riesgos
Fuente: Preve A., L. (2009).

- Matriz de Riesgos

Ya que tenemos definidos los dos Vectores aplicables al riesgo (Probabilidad e Impacto) es cuestión de realizar una simple multiplicación entre sí para obtener el producto, que es el Valor del Riesgo.

Utilizando los mismos umbrales históricos y colores por defecto una matriz de riesgo tendría este aspecto:

PROBABILIDAD	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		IMPACTO				

Tabla No. 4.4
Matriz Básica de Riesgo
Fuente: Preve A., L. (2009).

4. Planear

Una vez identificados los riesgos importantes que amenazan el éxito de un proyecto, la pregunta más frecuente es:

- ¿Qué se debe hacer al respecto?

La *Clasificación de Riesgos* es el siguiente paso, esta clasificación puede ser tan compleja o tan sencilla como el proyecto lo requiera, pero como hablamos de Metodologías Ágiles la simplicidad siempre es una premisa.

Estas tablas normalmente se centran en acciones para gestionar el riesgo de una manera eficiente:

25	CRÍTICO <ul style="list-style-type: none"> - Requiere Acción Urgente - Requiere notificación del responsable - Con seguimiento diario - Requiere atención de CEO
15 – 20	SERIO <ul style="list-style-type: none"> - Requiere atención de un Gerente Senior - Debe ser monitoreado semanalmente
6 – 12	MODERADO <ul style="list-style-type: none"> - Debe ser monitoreado mensualmente - Requiere atención de un Gerente Senior
1 -5	MÍNIMO <ul style="list-style-type: none"> - Impacto mínimo o nulo - Monitoreado trimestralmente - No requiere una acción en específico

Tabla No. 4.5
Gestión de Riesgos
Fuente: Yacoy, H. (2009).

- Registro de Riesgos

Para realizar el seguimiento y gestionar el riesgo en un proyecto es necesario hacer uso de un *Registro de Riesgos*, de esta manera se puede monitorear o dar seguimiento de cómo un riesgo ha cambiado en el transcurso de un proyecto.

En este registro podremos ir observando como los riesgos van cambiando durante el “Ciclo de Vida” del proyecto y cómo estos pasan de la zona roja a la zona verde hacia el final del proyecto.

Si esto no sucede, definitivamente se está haciendo algo mal, si al final del proyecto todavía se tienen riesgos Naranja o Rojo, quiere decir que los riesgos no han sido gestionados, sino que los riesgos han sido evadidos o ignorados, por lo que todo el tiempo, esfuerzo y dinero invertido hasta ese momento está en riesgo de perderse. A continuación un ejemplo de un registro de riesgos.

	RIESGO	- ESTRATEGIA DE MTIGACIÓN
	Falta de presupuesto	- Evaluación de alcances y ampliación del presupuesto base
	Problemas de calendarización	- Gestionar recalendarización del proyecto - Evaluar atrasos
	Coordinación de recursos	- Asignación de tareas a recursos
	Falta de información	- Solicitar Información oportunamente
	Solicitudes de cambio	- Gestionar cambios y trabajarlo en tiempo - Dimensionar impactos
	Cambio de alcance	- Dimensionar impactos - Dimensionar sobrecosto

Tabla No. 4.6
Registro de Riesgos
Fuente: Yacoy, H. (2009).

5. Actuar

Tomar acciones en tiempo, es la aplicación de estrategias de mitigación para aplicarlas al riesgo definido. La postergación de una acción por falta de interés, capacitación o recursos podría llevar al suicidio del proyecto.

La evaluación del rendimiento en los proyectos es un caso muy común en la industria de la construcción.

- Falla Temprana

El “*Early Fail*” o “*Falla Temprana*” es un concepto que ha tomado mucha fuerza en los últimos años, el cual no es más que hacer pruebas tempranas al producto o servicio en el cual se está trabajando; en informática sería la versión de prueba de un software en “Ambiente Productivo”. En la industria de la construcción este concepto se vuelve conflictivo, ya que por ejemplo, el construir una estructura para evaluar un posible colapso nos llevaría a grandes costos, pero es aquí donde BIM puede generar sinergias con las metodologías ágiles generando por medios digitales dichas pruebas de resistencia y esfuerzo sin conllevar grandes costes o problemas de seguridad en sitio, lo que nos permitirá ver si el diseño o propuesta funcionará en la vida real (ambiente productivo).

Un beneficio adicional es que estos métodos nos ayudan a definir los límites del sistema y establece las expectativas en cuanto a qué es *posible / realista* y lo que es *imposible / irreal*. De igual forma, esto también podría ayudarnos a estimular compromisos como un mayor presupuesto o integración de personas o equipos clave.

No importa que tan simple y obvio pueda sonar este tipo de cosas, es sorprendente la frecuencia con la que muchos proyectos se llevan hasta las etapas finales del proyecto, sin una realización futura.

En la actualidad muchas veces esta es una de las mayores razones del fracaso de proyectos en la Arquitectura e Ingeniería.

6. Repetición

Este proceso es muy rápido de realizar, la identificación temprana de riesgos y la implementación de estrategias de mitigación apropiada para cada uno es esencial para el éxito de los proyectos. Hecho correctamente, es un círculo continuo de evaluación y acción para identificar, gestionar y minimizar los riesgos constantemente.

La generación de Manuales de Lecciones Aprendidas es una buena práctica para la implementación de mejoras en proyectos futuros.

En la actualidad existe poca literatura que nos explique cómo atender a los riesgos de manera ágil o la integración de estas nuevas tecnologías con métodos tradicionales, es por eso que creo que hay una gran oportunidad para la mejora de este tema en el campo de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción.

4.4 Análisis de Ventajas por Integración de Tecnologías

Una vez descritas y analizadas las Metodologías de Administración Ágiles, Tradicionales, así como las Herramientas Tecnológicas existentes y en vías de desarrollo con las que se cuenta actualmente; hemos identificado ventajas, desventajas y áreas de oportunidad que presentan cada una de ellas. Las tablas mostradas a continuación enlistan las principales de cada una de ellas.

▪ BIM (Building Information Modeling)

VENTAJAS	DESVENTAJAS	ÁREA DE OPORTUNIDAD
Plataforma Tecnológica	Falta de conectividad con otros sistemas de visualización móviles.	Interconectividad con Plataformas Móviles.
Mitigación de errores por visualización 3D	Falta de conocimiento y manejo de modelos 3D en la edificación.	Interfaz Ágil para el manejo de Modelo BIM en Situ.
Trabajo Colaborativo	Falta de metodología orientada a la Administración de Proyectos.	Sinergia con Metodologías Ágiles para la Administración de Proyectos de Edificación.
Equipos Multidisciplinarios de Trabajo	Falta de integración de Cliente como parte del Equipo.	Participación constante de una figura <i>cliente</i> en el desarrollo de proyectos.
	Falta de conocimiento de roles y funciones de los participantes de un proyecto BIM.	Capacitación de roles y funciones de los “ <i>Team Members</i> ” de un proyecto.
Altos Costos por re-trabajo	Falta de metodología de administración de cambios y riesgos.	Sinergia y desarrollo de Metodología Ágiles para Gestión de Riesgos.

Tabla No. 4.7
Ventajas/Desventajas Building Information Modeling (BIM)

Fuente: Elaboración propia.

▪ **LEAN Construction**

VENTAJAS	DESVENTAJAS	ÁREA DE OPORTUNIDAD
Metodología Agile (Simple)	Orientada principalmente al trabajo en línea/serie.	Integración con procesos constructivos, no solo con la etapa de Proyecto.
Herramientas para la Gestión específica (SCRUM / SPRINTS)	Herramientas basadas en la priorización de tareas según urgencia / criterio por etapas.	Estandarización de un Backlog considerando el uso de multi-etapas simultaneas Diseño/Construcción/Gestión.
Trabajo Colaborativo	No está alineado a sistemas o procesos constructivos.	Alinear con la propuesta de un equipo colaborativo en BIM.
Equipos Multidisciplinarios de Trabajo	Habla de equipos no mayores a 5 personas, BIM habla de 7 figuras no personas.	Alinear Metodologías BIM / LEAN.
Eliminación de Desperdicios	Habla de la eliminación de re-trabajos, en la construcción esto es complicado.	Desarrollar metodología para administrar los cambios y minimizar el impacto.
Generación de Información con valor	No “sobre dibujar” muchas veces se traduce en falta de detalle por lo tanto se vuelve un error.	Definir/crear límites para el dibujo y estandarización.

Tabla No. 4.8
Ventajas/Desventajas LEAN Construction

Fuente: Elaboración propia.

▪ **PMI (Project Manager Institute)**

VENTAJAS	DESVENTAJAS	ÁREA DE OPORTUNIDAD
Metodología Tradicional	Genera desperdicios y exceso de administración.	Crear procesos dinámicos.
Metodología específica para cada proceso o etapa de proyecto	Exceso de procesos, mucha gestión y poca acción.	Estandarización de procesos para la gestión y crear acciones específicas.
Trabajo en equipo	Propone un equipo de trabajo por disciplinas.	Falta de equipos flexibles, multidisciplinarios y auto gestionados.
Equipos Multidisciplinarios de Trabajo	Propone equipo de trabajo multidisciplinarios en ambientes aislados.	Promover la colaboración anticipada, no en etapas avanzadas.
Metodología específica para proyectos que integran procesos manuales (Construcción)	Gestión por tecnologías y metodologías tradicionales.	Promoción y definición de equipos colaborativos en el Kick Off del proyecto.
Gestión de Riesgos	Creencia que el riesgo nunca se elimina, solo se minimiza.	Anticiparse al riesgo para eliminarlo y no esperar a que aparezca.

Tabla No. 4.9
Ventajas/Desventajas Project Manager Institute (PMI)

Fuente: Elaboración propia.

Conforme a las tablas anteriores podemos identificar que las metodologías o tecnologías actuales no han logrado ofrecer a la industria de la construcción una *solución sólida e integral* para la Administración de Proyectos, por tal motivo se propone la integración y utilización de *Metodologías / Tecnologías* que puedan ofrecer a esta industria un desarrollo futuro para la Administración Integral.

En los siguientes apartados de este TFM se seleccionarán tecnologías, metodologías y herramientas que puedan ofrecer una solución integral para la Administración del Riesgo en los proyectos de Arquitectura, Ingeniería y Construcción. Una nueva Propuesta de Análisis y Gestión de Riesgos para ser desarrollada en un futuro, que pueda dar una ventaja real a los usuarios de esta forma de trabajo y administración.

4.5 Selección de Tecnologías a Integrar

Hasta ahora hemos hablado de BIM, LEAN y AGILE; pero es en este momento cuando tenemos que plantearnos una integración con Building Information Modeling donde necesitamos dar un paso atrás para preguntarnos lo siguiente.

▪ ¿Es lo mismo AGILE que LEAN?

La respuesta es sencilla, y es no. Si bien muchas veces los dos términos se mezclan y se confunden, ya que comparten los mismos principios, pero es necesario que conozcamos las diferencias.

- LEAN

Como tal es un modelo de gestión de proyectos que propone maximizar el valor para los clientes, reduciendo costos y aumentando la calidad del producto o del servicio ofrecido y está basado en 7 principios del “Lean Manufacturing”:

1. Eliminar desperdicios
2. Ampliar el aprendizaje
3. Decidir lo más tarde posible
4. Reaccionar tan rápido como sea posible
5. Potenciar el equipo
6. Crear la integridad
7. Ver todo el conjunto

Esta metodología tiene como objetivo eliminar los desperdicios, tomando aquellas características o acciones que aportan valor.

“Las organizaciones que son realmente LEAN tienen una fuerte ventaja competitiva, ya que responden muy rápidamente y de manera muy disciplinada a la demanda del mercado, en lugar de tratar de predecir el futuro.”¹⁶

Derivado de LEAN, existen distintas visiones y Metodología, como lo es LEAN STARTUP, que a continuación se describe.

- **LEAN STARTUP**

Es una Metodología propuesta por Eric Ries basada en enfocar la creación de la empresa en la máxima y más frecuente interacción con los posibles clientes. Es decir, que en vez de hacer un gran plan de negocio y terminar un producto tiempo después (ciclo de vida en cascada), con el riesgo de haber invertido muchos recursos en algo que no genera valor; es mejor enfocarse en sacar rápidamente pequeños prototipos, aunque no estén totalmente terminados, para validarlos con usuarios reales o en un ambiente productivo.

La metodología se basa en la teoría que el conocimiento que aporta valor es aquel que se obtiene de la experimentación. Es decir, después de probar las cosas en la realidad, esto nos ayuda a tomar decisiones.

Creando un Ciclo de Vida, la propuesta del Lean Startup es aplicar como tal un “Ciclo”: *Construir – Medir – Aprender*, por medio de iteraciones constantes para ajustar y aprender simultáneamente.

Cada iteración debe terminar con un MVP (Minimum Viable Product), siempre orientado a generar aprendizaje con el mínimo desperdicio, eliminando el esfuerzo en cosas que no van a servir.

En el *Anexo No. 8* se presenta un resumen gráfico de la propuesta LEAN STARTUP.

- **AGILE**

Es más que nada un término que se deriva del Manifiesto Ágil, el cual fue dado a conocer en 2011 por un grupo dedicado al desarrollo de software, estableciendo un conjunto de valores y principios utilizado en todas las metodologías ágiles, incluyendo LEAN.

¹⁶ Poppendieck, M., & Poppendieck, T. (2003).

El Manifiesto Ágil propone ciertos valores y principios que se mencionan a continuación:

1. Satisfacer al cliente.
2. Aceptar cambios de requerimientos.
3. Entregar software funcional frecuentemente.
4. Negocio y equipo de desarrollo trabajan juntos de forma cotidiana.
5. Los proyectos se desarrollan en torno a individuos motivados.
6. Conversación cara a cara.
7. El software funcionando es la medida principal de progreso.
8. Desarrollo sostenible.
9. Atención continua a la excelencia técnica.
10. Simplicidad.
11. Equipos auto-organizados.
12. Reflexionar y perfeccionar.

Una vez que conocemos las diferencias, es necesario una vez más hacernos otro cuestionamiento:

▪ **¿LEAN o AGILE?**

Como podemos observar ambas comparten el mismo objetivo, crear o añadir Valor de Negocio orientado al desarrollo de software; pero la diferencia principal radica en que mientras que AGILE fue diseñada específicamente para equipos de desarrollo de software, LEAN tiene un marco más amplio y es aplicable a un campo más amplio, ejemplo de esto es LEAN Construction.

LEAN Construction, como lo definimos al inicio, toma los principios de manufactura de Toyota; Metodologías y Herramientas Ágiles para crear una nueva filosofía orientada hacia la administración de la producción en construcción eliminando las actividades que no generan valor.

La Metodología LEAN Construction hace uso de herramientas ágiles como SCRUM y principios LEAN para generar esta nueva filosofía de trabajo y administración. Sin embargo, no crea ninguna sinergia con alguna plataforma tecnológica de diseño, dibujo o visualización que cierre por completo el ciclo de la administración de la construcción.

Ahora conforme a lo estudiado en el análisis de tecnologías y metodologías, así como a lo expresado en las tablas de ventajas, desventajas, áreas de oportunidad, y después de conocer a profundidad lo que es “AGILE” y “LEAN” es momento de proponer una integración entre la Plataforma Tecnológica BIM y la Metodología AGIL-LEAN para la Administración de

Riesgos de Proyectos de Ingeniería y Construcción, que también deberá ser utilizado durante el Ciclo de Vida de la Edificación.

▪ **¿Porque BIM y LEAN?**

Al ser BIM la Plataforma Tecnológica con mayor potencial para el desarrollo de Proyectos de Ingeniería y Arquitectura que busca la creación de mejores proyectos ofreciendo herramientas de visualización, dibujo y diseño avanzadas para minimizar el riesgo por error u omisión durante el proceso de diseño. BIM es la herramienta ideal para crear una sinergia con Metodologías Ágiles.

Por su parte, LEAN Construction como Metodología Ágil es la ideal para proporcionar las herramientas de administración correctas a lo que Building Information Modeling llama “BIM Administration”; un sistema de administración que se encuentra en vías de desarrollo. Como ya lo hemos explicado, LEAN es una Metodología Ágil que busca la optimización de recursos, tiempos eliminando los desperdicios y generando información de valor para el proyecto.

Por tal motivo la suma de Tecnología y Metodología en la administración de riesgos podrán crear lo que buscamos generar.

▪ **¿Qué herramientas de LEAN utilizar?**

Para la propuesta de integración y sinergia entre Metodologías y Plataforma Tecnológica, utilizaremos como base SCRUM, la cual es un proceso o herramienta ágil donde se aplican de manera regular un conjunto de buenas prácticas para trabajar y colaborar en equipo obteniendo el mejor resultado en la gestión de proyectos.

Estas prácticas se apoyan unas a otras para generar equipos de trabajo altamente productivos obteniendo una alta eficiencia. Hoy en día podemos decir que SCRUM es la herramienta o proceso más popular de las metodologías ágiles.

▪ **¿Cuándo utilizar SCRUM?**

Estas son algunas situaciones en las que SCRUM es aplicado:

- El cliente no está recibiendo el producto o servicio que solicitó o necesita.
- Entregas fuera de tiempo.
- Sobre costos en el proyecto.
- Poca capacidad de reacción ante la competencia.
- Baja productividad o ineficiencia.

Como podemos darnos cuenta la selección de SCRUM como herramienta de integración es ideal, ya que esto no solo nos ayudará a tener más control en el proyecto, sino también a cerrar procesos de manera correcta con un alto grado de eficiencia. En los puntos anteriores podemos identificar que la mayor parte de las situaciones en la que se utiliza SCRUM es para Identificar, Analizar, manejar y eliminar los riesgos del proyecto.

SCRUM está basado principalmente en tres principios de acción que se describen a continuación.

- **Transparencia:** Todos los aspectos del proceso que afectan al resultado son visibles para todos aquellos que administran el resultado, se utilizan pizarras y otros mecanismos o técnicas colaborativas para mejorar la comunicación.
- **Inspección:** Se debe controlar con la frecuencia suficiente los diversos aspectos del proceso para que puedan detectarse variaciones inaceptables en el mismo.
- **Revisión:** El producto debe estar dentro de los límites aceptables. En caso de desviación se procederá a una adaptación del proceso y el material procesado.

Ahora hablaremos más de esta Metodología / Herramienta que nos ayudará a lograr nuestro objetivo.

4.6 SCRUM

Un Proyecto SCRUM se ejecuta en bloques temporales en un corto tiempo y plazo fijo, usualmente son iteraciones de un mes y pueden llegar a acortarse hasta a dos semanas, si así se requiere. Cada iteración tiene que proporcionar un resultado completo, un producto final que pueda ser entregado con el mínimo esfuerzo al cliente cuando lo solicite.

En esta metodología el proceso forma una parte primordial de la lista de *objetivos / requisitos* que definen la prioridad del producto o servicio con respecto a los demás y a su vez funciona para la planificación del proyecto, es aquí donde el cliente prioriza los objetivos y evalúa el valor que aportan respecto al costo.

Las actividades SCRUM normalmente son:

- Planificación de la iteración
- Ejecución de la Iteración
- Inspección y Adaptación

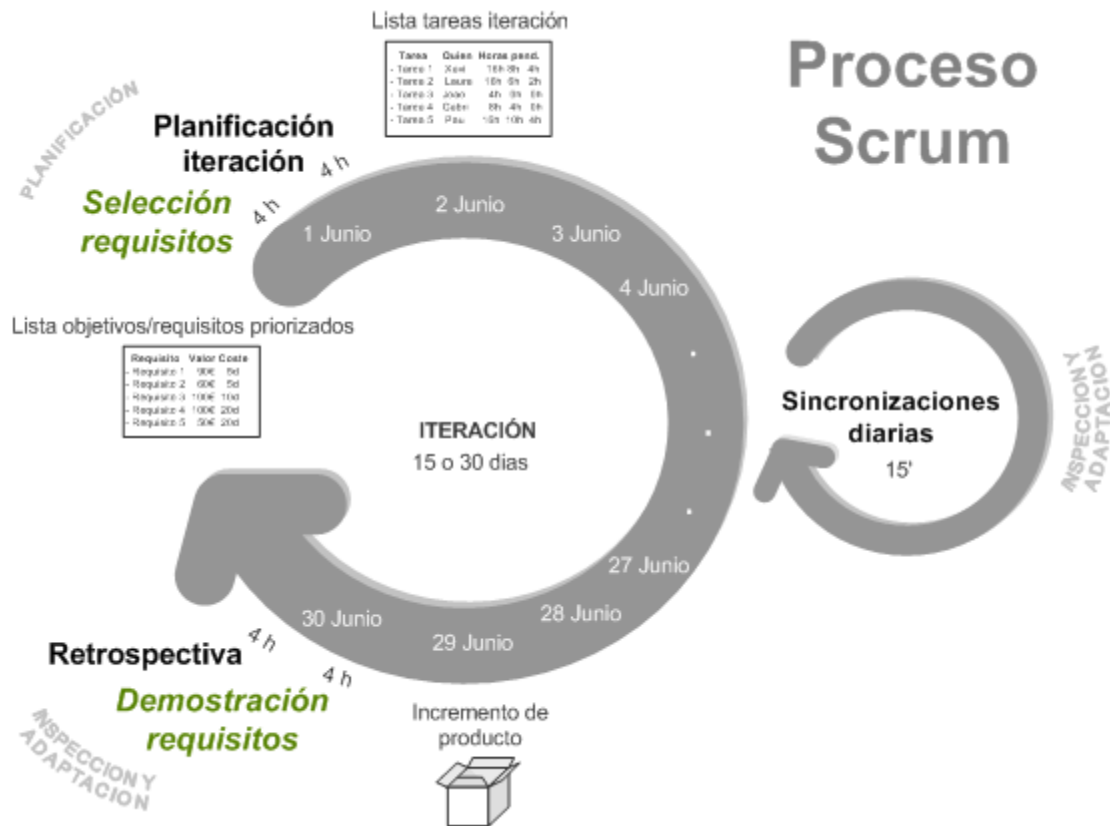


Gráfico No. 4.2
Proceso de Proyecto SCRUM
Fuente: Schwaber, K., & Sutherland, J. (2013).

▪ **Los Equipos de trabajo en SCRUM**

Uno de los aspectos más importantes en cualquier proyecto, y también en los proyectos ágiles, es el establecimiento del equipo.

Los roles y responsabilidades deben ser claros y conocidos por todos los integrantes del mismo; cada equipo Scrum tiene tres roles:

1. **Scrum Master:** Es el responsable de asegurar que el equipo Scrum siga las prácticas de Scrum; sus principales funciones son:
 - Ayudar a que el equipo Scrum y la organización adopten SCRUM.
 - Liderar el equipo Scrum, buscando la mejora en la productividad y calidad de los entregables.
 - Ayudar a la autogestión del equipo.

- Gestionar e intentar resolver los impedimentos con los que el equipo se encuentra para cumplir con las tareas del proyecto.

2. Propietario del Producto (Product Owner): Es la persona responsable de gestionar las necesidades que serán cumplidas por el proyecto y asegurar el valor del trabajo que el equipo lleva a cabo. Su aportación al equipo se basa en:

- Recolectar las necesidades o historias de usuario.
- Gestionar y ordenar las necesidades.
- Aceptar el producto al finalizar cada iteración.
- Maximizar el retorno de inversión del proyecto.

3. Equipo de desarrollo: El equipo está formado por los desarrolladores, que convertirán las necesidades del Product Owner en un conjunto de nuevas funcionalidades, modificaciones o incrementos del producto final. El equipo de desarrollo tiene características especiales:

- **Auto-gestionado:** el mismo equipo supervisa su trabajo. En Scrum se potenciarán las reuniones del equipo, aumentando la comunicación. No existe el rol clásico de jefe de proyecto.
- **Multifuncional:** No existen especialistas, cada integrante del equipo puede encargarse de distintas tareas. Asimismo, las personas pueden tener capacidades diferentes o conocimientos más profundos en diferentes áreas. Lo importante es que cualquier integrante del equipo sea capaz de realizar cualquier función.
- **No distribuidos:** Es conveniente que el equipo se encuentre en el mismo lugar físico. Esto facilita la comunicación y la autogestión que nace del mismo equipo. No obstante, se ha conseguido realizar proyectos Scrum con equipos distribuidos gracias a herramientas de trabajo colaborativo. (Hossain et al., 2009).
- **Tamaño óptimo:** Un equipo de desarrollo Scrum (sin tener en cuenta al Product Owner y al Scrum Master) estaría compuesto por al menos tres personas. Con menos de tres personas la interacción decae y con ella la productividad del equipo. Como límite superior, con más de nueve personas la interacción hace que la autogestión sea muy difícil de alcanzar.



Gráfico No. 4.3
Equipo SCRUM

Fuente: Schwaber, K., & Beedle, M. (2002).

Una vez definido el equipo, es necesario entender cómo funciona el proceso. Antes que todo se define el Product Backlog, lo cual nos permitirá generar nuestros Sprints más adelante.

- **Product Backlog:** Es el “*wish list*” de las funcionalidades o características del producto, este es elaborado por el Product Owner y las funciones están priorizadas según la importancia que genera para el negocio.
- **Sprint Backlog:** Es el subconjunto de cosas del Product Backlog, que serán seleccionadas por el equipo para realizar durante el Sprint que se va a trabajar, es importante mencionar que el equipo es responsable de establecer la duración de cada Sprint.
- **Sprint Planning Meeting:** Es la reunión de inicio de cada Sprint, en la cual se define el enfoque, las etapas y plazos del proyecto (se define de las tareas del Product Backlog).

- **Daily Scrum:** Es una reunión de corta duración que se realiza diariamente mientras dura el Sprint, la idea es responder tres preguntas individualmente.
 - *¿Qué hice ayer?*
 - *¿Qué voy a hacer hoy?*
 - *¿Qué ayuda necesito?*
- **Sprint Review:** Se revisa el sprint terminado, en este punto ya deben de existir avances claro para presentar al cliente.
- **Sprint Retrospective:** El equipo revisa los objetivos cumplidos del Sprint terminado. Se anota lo bueno y lo malo, para no volver a repetir los errores. Esta etapa son lecciones aprendidas que sirven para implementar mejoras desde el punto de vista del proceso del desarrollo.

Una vez que hemos definido el equipo de trabajo en SCRUM, así como su funcionamiento durante el Ciclo de Vida de un Proyecto, es importante mencionar que la visión de esta herramienta que se menciona aquí es general. Sin embargo, hay muchas personas que interpretan SCRUM, su aplicación, funcionamiento y alcances de distintas maneras.

En los *Anexos No.1 – 7* de este trabajo se presentan diferentes diagramas con la evolución en las interpretaciones de SCRUM por otros usuarios. Estos diagramas desarrollados por la empresa Bert Consulting los presenta de una manera secuencial, ya que asume que la correcta interpretación de estas herramientas ágiles se da por cuestión de madurez y por conocimiento (prueba – error) de los usuarios; por lo tanto esta evolución a través del tiempo nos da un buen panorama.

Si bien en algunos casos los diagramas son muy parecidos en su funcionamiento, en algunos otros la visión es muy corta o limitada. Sin embargo, creo que vale la pena conocerlos y ver cómo es que SCRUM es “interpretado” o ha “evolucionado” en conocimiento por los distintos usuarios.

5. PROPUESTA

5.1 Propuesta de Integración Metodología Ágil y BIM

Como lo hemos venido comentando, la Gestión del Riesgo hace referencia a reducir la probabilidad de impacto de eventos adversos en un proyecto.

El desarrollo Ágil, debido a su carácter iterativo proveniente del desarrollo de software, hace implícitamente que la gestión del riesgo forme parte del Ciclo de Vida natural del proyecto, entonces es cuando nos preguntamos.

- ***¿Es necesaria una gestión de riesgos específica y dedicada al proyecto?***

La capacidad de SCRUM para la gestión de todo tipo de riesgos es cuestionable, ya que en el desarrollo de software Ágil el riesgo se gestiona todo el tiempo: en parte en el Scrum diario, en las reuniones de planificación de cada iteración, en las reuniones de planificación de release, y también en las reuniones de revisión y retrospectiva. ¿Sin embargo, qué pasa cuando esto es llevado a ambientes externos como la construcción?

Es aquí donde se encuentra el reto de una propuesta estructurada para la gestión de riesgo, que vaya alineada a las necesidades que tiene la construcción y producción de proyectos de Ingeniería y Arquitectura, la cual hoy en día no hay una propuesta que lo haga.

Como podemos ver en la *Tabla No. 5.1*, el ambiente de la construcción cuenta con factores que no dependen de una administración de riesgos implícita, sino de una exhaustiva y dedicada que no solo pueda manejar los riesgos que se producen internamente, sino también los que dependen de factores externos, los cuales pueden ser originados por distintas fuentes.

Actualmente SCRUM solo es capaz de administrar los riesgos internos, por lo tanto lo que se busca no es mejorar este proceso de gestión, sino ampliarlo por medio de herramientas tecnológicas (BIM) que nos ayuden a tener una mayor visión de los agentes externos, sus posibles fallos y también una mejor visibilidad futura del Ciclo de Vida de los Proyectos.

Nombre de Riesgo	Origen	Software	Arquitectura	Construcción	Probabilidad
Factores Climáticos	Externo	No Aplica	No Aplica	Aplica	Alta
Agentes Humanos Externos	Externo	No Aplica	No Aplica	Aplica	Alta
Autoridades y Permisos	Externo	No Aplica	No Aplica	Aplica	Alta
Desgaste por uso	Externo	No Aplica	No Aplica	Aplica	Alta
Falta de Mantenimiento	Externo	Aplica	No Aplica	Aplica	Alta
Definición pobre de Alcances	Interno	Aplica	Aplica	Aplica	Media
Falta de Tiempo	Interno	Aplica	Aplica	Aplica	Media
Falta de Calidad en la Ejecución	Interno / Externo	Aplica	Aplica	Aplica	Media
Fallo en Proveedores	Externo	No Aplica	Aplica	Aplica	Media
Falta de Calidad en la Materia Prima	Externo	No Aplica	No Aplica	Aplica	Media
Falta de Coordinación	Interno	Aplica	Aplica	Aplica	Baja
Falta de Comunicación	Interno	Aplica	Aplica	Aplica	Baja
Cambio de Alcances	Externo /Interno	Aplica	Aplica	Aplica	Baja
Diseño Inadecuado	Interno	Aplica	Aplica	Aplica	Baja
Personal Inadecuado	Interno	Aplica	Aplica	Aplica	Baja
Fricción con Clientes	Interno / Externo	Aplica	Aplica	Aplica	Baja
Negligencia de Uso	Externo	No Aplica	No Aplica	Aplica	Baja

Tabla No. 5.1
Análisis por Tipo de Riesgo y por Ambiente
Fuente: Hanvey, C. L. (2007).

Basado en la tabla anterior a continuación se muestra una propuesta inicial de como SCRUM debe de atacar los riesgos dentro de un proyecto de Ingeniería/Arquitectura/Construcción.

Identificación de Riesgos	<p>Ejercicio iterativo, donde los resultados sean apuntados en un registro físico o digital.</p> <p>Usualmente se lleva un registro físico en una pizarra o en medios digitales por medio de un archivo compartido para que el equipo registre los hallazgos en cierto período de tiempo.</p>
Análisis de Riesgos	<p>Se realiza un análisis cualitativo, ya que en proyectos ágiles los ciclos de desarrollo son cortos y con constantes revisiones, esto se hace de manera eficaz.</p> <p>Es importante mencionar que en los proyectos ágiles se eliminan los números para generar una asignación de daños que puedan producirse.</p>
Identificación de Agente que lo Genera	<p>Es recomendable identificar la fuente de la cual provienen los riesgos (Interna / Externa), ya que al saber el origen podemos planificar y generar una mejor respuesta o acción.</p>
Planificación de Respuesta del Riesgo	<p>Todo el equipo debe de participar en el desarrollo de opciones y acciones para reducir las amenazas que han sido identificadas.</p>
Control y Monitoreo del Riesgo	<p>Todo riesgo debe de llevar un seguimiento, al final de cada iteración se deberán discutir las estrategias de control.</p> <p>Los riesgos también se monitorean diariamente mediante el uso de radiadores de información.</p>
Identificación de Período de Actividad	<p>Una vez controlado el riesgo es importante determinar si este tiene cierto período de latencia o puede volver a surgir posteriormente durante el Ciclo de Vida de la Edificación.</p>
Monitoreo en Ciclo de Vida Útil	<p>Debido a que los proyectos en Arquitectura/Ingeniería/Construcción tienen una vigencia más larga que cualquier otro Proyecto de Software, si existe algún riesgo que deba ser controlado durante el Ciclo de Vida útil de la Edificación, este deberá contar con un plan de control periódico que maneje el riesgo cuando este tienda a aparecer.</p>

Tabla No. 5.2
Propuesta de Manejo de Riesgos en la Construcción

Fuente: Elaboración propia.

La Administración y Control de Riesgos en BIM, como se ha comentado, en la actualidad está orientada a generar una mejor información que permita la visualización y trabajo colaborativo de una manera organizada para cada uno de los rubros o entidades que requieren dicha información. A continuación se muestra un gráfico que expresa lo anterior.

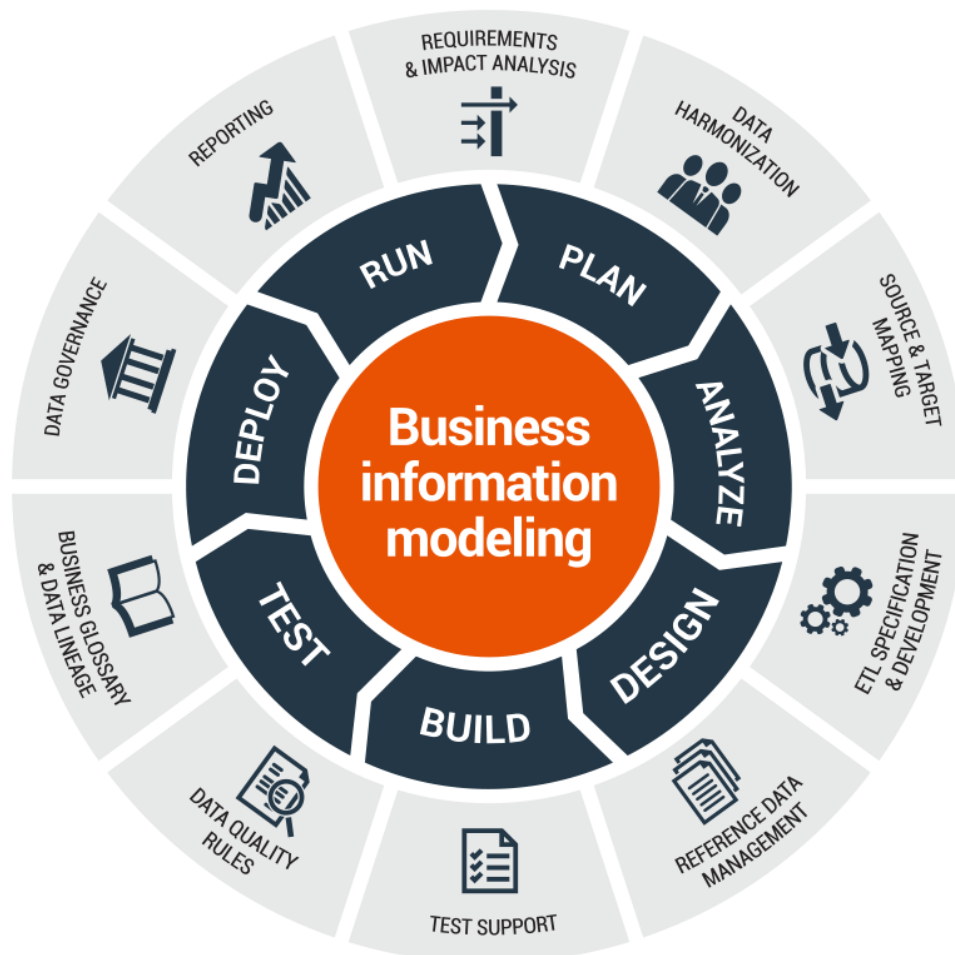


Gráfico No. 5.1
Fases BIM

Fuente: Ibrahim, M., Krawczyk, R., & Schipporeit, G. (2004).

Como lo podemos observar Building Information Modeling por medio de este proceso busca eliminar los defectos en el dibujo, los errores de diseño (diseños incompletos) que muchas veces pueden llegar a ser de tal magnitud que pueden poner en cuestión la viabilidad de la construcción.

▪ **¿Por qué se dan estos problemas o errores?**

Hoy en día estos errores se siguen dando debido a la presión en tiempo que los diseñadores tienen para entregar al cliente, así como los constructores tienen la presión para comenzar la construcción lo antes posible y de esta manera el propietario pueda conseguir en tiempo los objetivos del mercado.

Otros factores que BIM ataca son las deficiencias en especificaciones y planos que son generados para así eliminar o reducir los cambios realizados en la fase constructiva de los proyectos.

De manera general, podemos decir que Building information Modeling ayuda a mitigar el riesgo en proyectos de construcción desde la fase de diseño por medio de la colaboración, reduciendo costos futuros, extensión de plazos, sobre costos de fabricación, mantenimiento y energía por medio de modelos 3D que se utilizan para la toma de decisiones y la producción de documentos de alta calidad para la construcción.

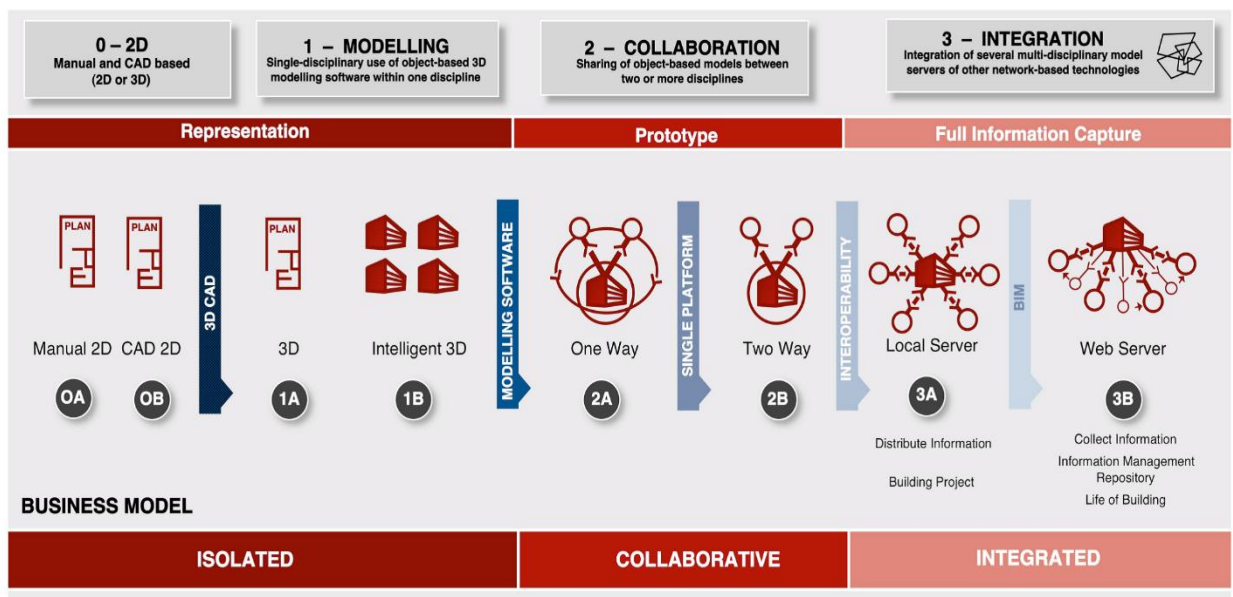


Gráfico No. 5.2
Ambiente Colaborativo BIM
Fuente: Ibrahim, M., Krawczyk, R., & Schipporeit, G. (2004).

Building Information Modeling también ayuda a la predicción del rendimiento, la estimación de costos y la planificación de la construcción. La siguiente tabla muestra las principales áreas en las que BIM ayuda a mitigar el riesgo en la actualidad.

Modelado	<p>Modelado paramétrico que proporciona bases de datos con información estructural.</p> <p>La captura y gestión de la información de los objetos para crear relaciones y asociaciones entre elementos o productos, permitiendo generar análisis más profundos tales como cálculos de espacio, eficiencia energética, detalles de análisis estructural y documentos de diseño; por lo tanto el riesgo por error en mediciones y costo incorrecto puede ser minimizado.</p>
Plataforma de Intercambio de Datos	<p>Reducción en la deficiencia de diseño a través de la plataforma de intercambio de datos.</p> <p>El principal beneficio de BIM es su capacidad para disminuir errores de diseño y construcción mediante los mecanismos de detección de conflictos a través de técnicas de visualización en el modelo de todo el edificio, ayudando a la reducción del riesgo en el tiempo y errores.</p>
Integración de Diseño/Construcción/Ingeniería	<p>Esto se puede lograr cuando se forma un equipo multidisciplinario y el constructor puede visualizar el edificio antes y durante el proceso de diseño, de esta manera los cambios pueden ser controlados en etapas de diseño arquitectónico y de ingenierías.</p> <p>Esto es ideal en proyectos con alto costo y alto riesgo, llevando a grandes recompensas en la mitigación de costos y riesgo.</p>

Tabla No. 5.3
Fases BIM
Fuente: Elaboración propia.

Como lo hemos visto los riesgos en Building Information Modeling también están presentes, pero de una manera distinta a como son planteados en SCRUM; ya que muchas veces estos riesgos no son generados dentro del equipo, sino por agentes externos. Por lo tanto, en nuestro proceso de integración de metodologías, estos riesgos diríamos que solo pueden ser gestionados por el Scrum Master, y de no ser administrados de manera correcta los mismos podrían traducirse de diversas formas como contenido no realizado, entregas tardías, etc.

Por tal motivo nuestro equipo SCRUM al inicio de cada proyecto, no solo deberá ordenar las historias por valor, sino también deberá realizar un estudio de riesgo que genere un orden por tipo, y así trabajar en las historias de mayor riesgo identificado, para atenderlos correctamente y mitigarlos. Las historias podrán ser trabajadas de diversas formas como el Scrum diario y revisiones de sprint.

Los riesgos siempre deberán añadirse y priorizarse en el Product Backlog como una historia, para nunca dejar de tomarlos en cuenta. En nuestro caso un riesgo en BIM puede ser el cambio de alcance de un proyecto, por lo que esto representaría los siguientes aspectos.

- Análisis del requerimiento
- Impacto en recursos
- Análisis de la capacidad del equipo
- Fecha de entrega
- Impacto en Costos
- Realización

Esto en una metodología ágil simple sería responsabilidad de Scrum Master, pero en nuestra visión se incorporarán dos nuevas figuras: el BIM Manager y el Product Owner, ya que al ser un requerimiento adicional al alcance definido en el *Kick Off* del proyecto cada uno de estos participantes deberá hacer una evaluación de impactos, clasificarlo y evaluar cómo reaccionar ante este riesgo.

▪ **¿Por qué un BIM Manager?**

BIM Manager es la figura que incorporaremos a nuestro esquema de Gestión de Riesgos y es la persona responsable desde la etapa de pre-diseño en adelante para desarrollar y realizar el seguimiento del desarrollo BIM y que este siempre esté orientado a los objetivos definidos al inicio y conforme a nuestro sistema de administración BIM+SCRUM. Como responsable del proyecto estará monitoreando junto con el SCRUM Master los rendimientos y apoyando a la coordinación de los equipos de construcción multidisciplinarios, en la *Tabla No. 5.4* vemos un ejemplo de riesgo y el rol que toma el BIM Manager junto con los demás actores del proyecto.

▪ **¿Cómo manejamos el riesgo una vez que ocurre?**

Tarea	Responsable	Acción
Análisis del Requerimiento	Product Owner/Scrum Master/BIM Manager	Recibir el requerimiento, analizarlo y determinar impacto.
Análisis de Impacto en Recursos	SCRUM Master/BIM Manager	Verificar la disponibilidad de recursos: - Humanos - Materiales - Económicos
Análisis de Capacidad de Equipo	SCRUM Master/BIM Manager	Analizar cargas de trabajo por posibles retrasos. Determinar si es necesario crecer el equipo. Evaluar posible baja de eficiencia.
Evaluación de Fecha de Entrega	SCRUM Master/BIM Manager	Determinar si el calendario actual se ajusta o si es necesario verificar y re-ajustar la calendarización actual.
Análisis de Impacto en Costos	Scrum Master	Determinar el impacto en costos que generará el cambio.
Generar Aprobación	Product Owner/Scrum Master/BIM Manager	Aceptar/Rechazar el requerimiento. Muchas veces el rechazar un cambio de alcance no es posible por lo que se debe negociar con el cliente.

Tabla No. 5.4
Gestión de Riesgo BIM+SCRUM

Fuente: Elaboración propia.

Como lo muestra la tabla anterior no es solo responsabilidad del Product Owner gestionar el riesgo, sino en nuestro modelo el SCRUM Master y el BIM Manager también serán responsables, debido a que cada uno de estos entes tiene una visión distinta y podrá aceptar/rechazar o negociar según sea el caso.

Sin embargo, la principal responsabilidad no deja de ser del Product Owner como persona que mejor entiende el negocio. El Product Owner deberá ser directamente interesado en la mitigación del riesgo. Asimismo, el Scrum Master y el BIM Manager deberán ayudar y participar con el Product Owner a la óptima priorización del backlog.

A continuación se muestran unas tablas donde se retoman los riesgos de los capítulos anteriores, pero ahora los identificaremos y daremos una breve idea de cómo la Metodología los atacaría para su disminución y mitigación.

RIESGO	CONTROL
Cambios de Alcance y Adiciones al Proyecto	<p>Generalmente los proyectos son definidos por Análisis de Retorno de Inversión, este alcance original del Proyecto usualmente es gestionado por el Product Owner y se da al inicio del proyecto. Sin embargo, este alcance suele ser modificado conforme el proyecto evoluciona y en ocasiones es motivo de descontrol en el mismo.</p> <p>En SCRUM+BIM esto no sucede ya que lo que se propone es que esta definición y las adiciones posteriores estén ligadas al Scrum Master y BIM Manager, los cuales aceptarán los cambios y generarán nuevos Sprints priorizándolos conforme a las capacidades del SCRUM+BIM Team.</p>
Captura de Requisitos Mal Realizada	<p>En la actualidad no existe un Proceso o Metodología que nos prevenga de realizar una captura de requisitos de manera errónea, en muchas ocasiones esta captura se realiza de manera incorrecta debido a la falta de claridad del cliente o incluso por una reunión mal llevada.</p> <p>En nuestro caso este riesgo se reduce al mínimo, ya que en la construcción del Product Backlog no solo se priorizarán las historias, sino también los riesgos, por lo que al asignar tareas en los Sprints, estos estarán correctamente evaluados y priorizados.</p>
Calidad Insuficiente	<p>En SCRUM la calidad está controlada por medio lo que se conoce como Sprint Review, lo cual funciona como un Hito de Control de Calidad.</p> <p>Este proceso se lleva a cabo en cada Sprint impidiendo que se generen entregas con baja calidad y si este fuera el caso el proceso de Sprint Review no lo permitiría, para nosotros en SCRUM+BIM llevará el mismo proceso.</p>
Plazos Optimistas	<p>En SCRUM+BIM los plazos optimistas usualmente fijados por el Producto Owner no suceden, ya que la aprobación tendrá que pasar por nuestras tres figuras principales, BIM Manager, SCRUM Master, Product Owner.</p> <p>Estas antes de control y revisión a su vez conciliarán con el SCRUM + BIM Team los tiempos y si en alguno de estos puntos se detecta que el plazo puede afectar en la entrega o la calidad, este no será aceptado.</p>

Tabla No. 5.5
Acciones BIM+SCRUM
Fuente: Elaboración propia.

RIESGO	CONTROL
Diseño Inadecuado	<p>El diseño inadecuado forma parte del Control de Calidad que está gestionado por Sprint Review; donde si se detecta incongruencias en el diseño o en el cumplimiento de los requerimientos expresados por el cliente, el equipo emitirá una alarma que no dejará que este sea entregado.</p> <p>Otro punto de control en este sentido es el Sprint Retrospective, en el cual muchas veces se detectan errores o puntos de mejora que serán implementados en entregas futuras o incluso muchas veces se propone la mejora y re-trabajo del proyecto entregado.</p>
Desarrollo Orientado a la Investigación	<p>En SCRUM+BIM no solo buscamos el trabajo continuo, sino que como lo hemos expresado anteriormente, se busca la innovación y el mejoramiento continuo, por lo que la investigación forma una parte indispensable en nuestro proceso. Sin embargo, demasiado tiempo dedicado a esta sección se puede traducir en riesgo.</p> <p>La propuesta es que una parte de los proyectos cuenten con una sección de innovación siempre y cuando el trabajo prioritario del Backlog esté "hecho", esto quiere decir que el tiempo asignado a la innovación no impactará negativamente a nuestros recursos o proyectos.</p>
Personal Inadecuado	<p>EN SCRUM+LEAN se busca contar con equipos multidisciplinarios que puedan dar respuestas y acciones rápidas y precisas a los problemas, errores u omisiones en los proyectos (en caso de que existan); por tal motivo una buena selección de los equipos de trabajo es indispensable, esto solo puede ser gestionado por un buen análisis de cualidades del posicionamiento y motivación de los equipos.</p> <p>La única forma de lograr esto es ofreciendo las condiciones óptimas de trabajo a nuestros equipos.</p>
Fallos de los Proveedores	<p>Hoy en día la metodología más conocida para este punto es el CMMI, pero en el caso de SCRUM+BIM, se propone la integración de los proveedores al proceso final de diseño y al inicio del proceso constructivo de manera que estos puedan tomar un rol participativo en la definición de los materiales dependiendo de su suministro y costo.</p>
Fricción con los Clientes	<p>En este sentido SCRUM+BIM propone una figura principal de contacto con el cliente: el que se ha conocido como Product Owner. Sin embargo, esta figura ahora será fortalecida por medio de una persona con fuertes conocimientos de gestión como lo es el SCRUM Master y una persona con conocimientos de diseño y técnicas como lo es el BIM Manager; de esta manera se garantiza que la insatisfacción del cliente se minimizará, ya que se tienen todas las áreas de conocimiento cubiertas.</p>

Tabla No. 5.6
Acciones BIM+SCRUM
Fuente: Elaboración propia.

▪ **Propuesta BIM+SCRUM**

La propuesta BIM+SCRUM no propone una solución reactiva que se ocupe de los riesgos una vez que se hayan convertido en problemas; por el contrario, pretende reaccionar ante la presencia de riesgos incluso antes de aparecer, por medio del manejo y la gestión de riesgo como un proyecto iterativo incremental donde se fusionan los integrantes de BIM y Scrum en un solo equipo de trabajo.

La propuesta de metodología de gestión de riesgos está dividida en dos procesos indispensables para una correcta gestión.

- Evaluación de riesgos
- Control de riesgos

A continuación se muestran la secuencia de procesos a seguir para la identificación, selección, análisis y gestión de riesgos a lo largo de un proyecto y durante el ciclo de vida de una edificación.

▪ **Metodología de Gestión de Riesgos**

- **Evaluación de riesgos**

- Identificación de riesgos
 - Checklists
 - Análisis de decisiones orientadas
 - Descomposición
- Análisis de Riesgos
 - Modelos de rendimiento
 - Modelos de análisis de costo
 - Análisis de redes de riesgo
 - Análisis de decisiones
 - Análisis de factores de calidad
- Priorización de Riesgos
 - Exposición de riesgos
 - Priorización de riesgos
 - Reducción del riesgo compuesto

La etapa de evaluación de riesgos se compone de tres procesos principales orientados a la identificación, análisis y priorización de los riesgos presentes en un proyecto permitiendo reaccionar al equipo oportunamente.

La evaluación es el conjunto de procesos y subprocesos encargados de categorizar los riesgos, muchos de estos procesos se realizan de manera automática con el trabajo que realiza el equipo día a día.

Una vez realizado este proceso los riesgos identificados y clasificados son tomados por un responsable que les dará seguimiento durante todo el ciclo de vida del proyecto o hasta su eliminación.

El manejo de riesgos se realizará de manera conjunta entre el equipo de trabajo BIM y Scrum.

- **Control de riesgos**

- Planificación de gestión de riesgos
 - Información de compra
 - Evaluación de riesgos
 - Transferencia de riesgos
 - Reducción de riesgos
 - Elementos de riesgo planeado
 - Integración de elementos de riesgo planeado
- Solución de riesgos
 - Prototipos/Modelos
 - Simulaciones
 - Puntos de referencia
 - Análisis
 - Staffing
- Monitoreo de riesgos
 - Seguimiento por hitos
 - Seguimiento por top 10
 - Revaloración de riesgos
 - Acciones correctivas

Por otro lado, el proceso de control de riesgos inicia con una priorización previa que ha realizado el equipo de trabajo, lo que permite a los responsables del control de riesgos enfocarse en los riesgos con mayor probabilidad de incidencia, incluso generar un “*Top 10*” de riesgos por etapa para ser atendidos de manera inmediata.

Ambos procesos, la evaluación y el control de riesgos, tienen un flujo de trabajo específico para el análisis de información, estos flujos de trabajo se detallan a continuación para su mejor entendimiento.

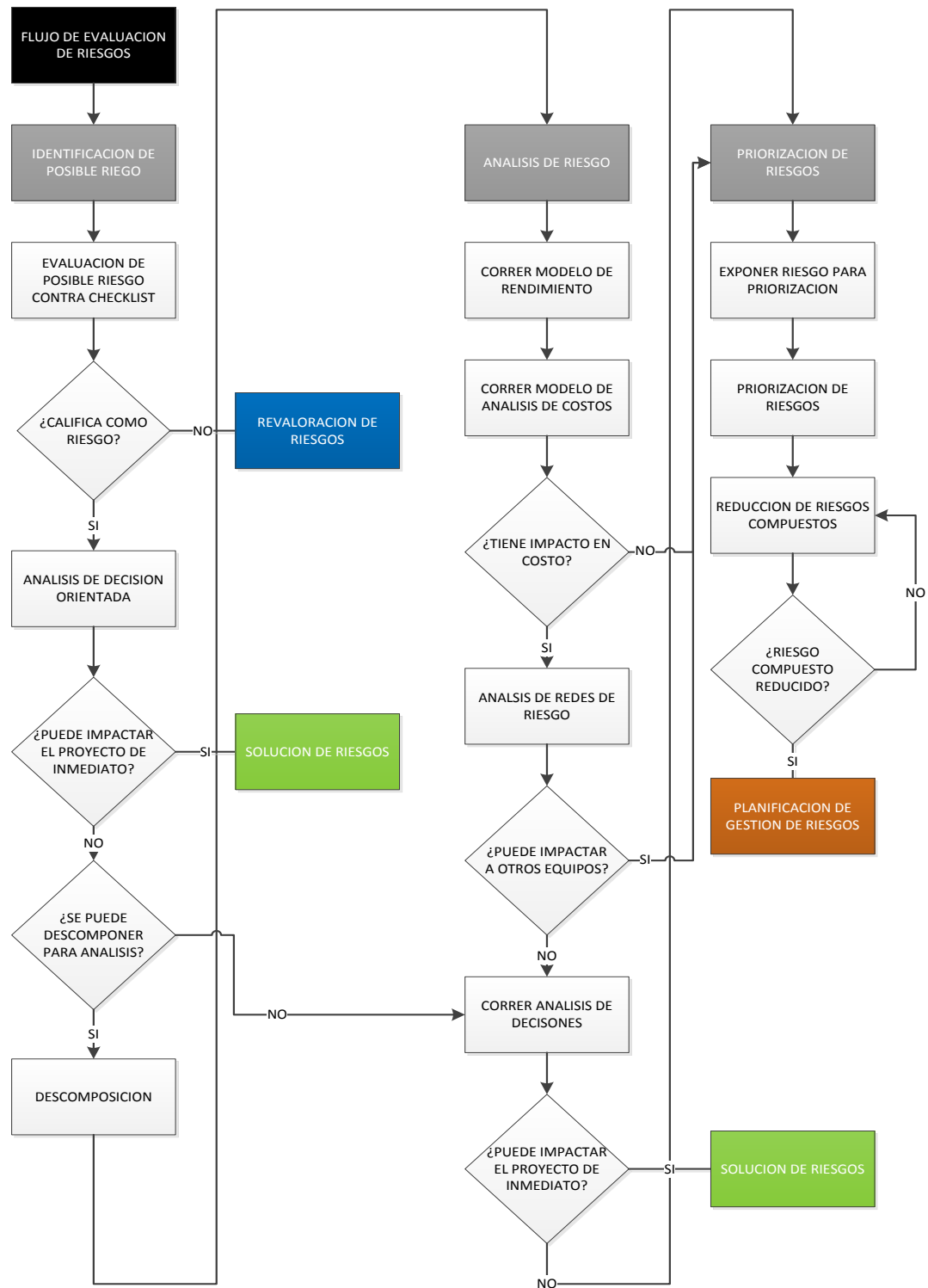


Gráfico No. 5.3
Flujo de evaluación de riesgos. (Ver: Anexo No. 10)
Fuente: Elaboración propia.

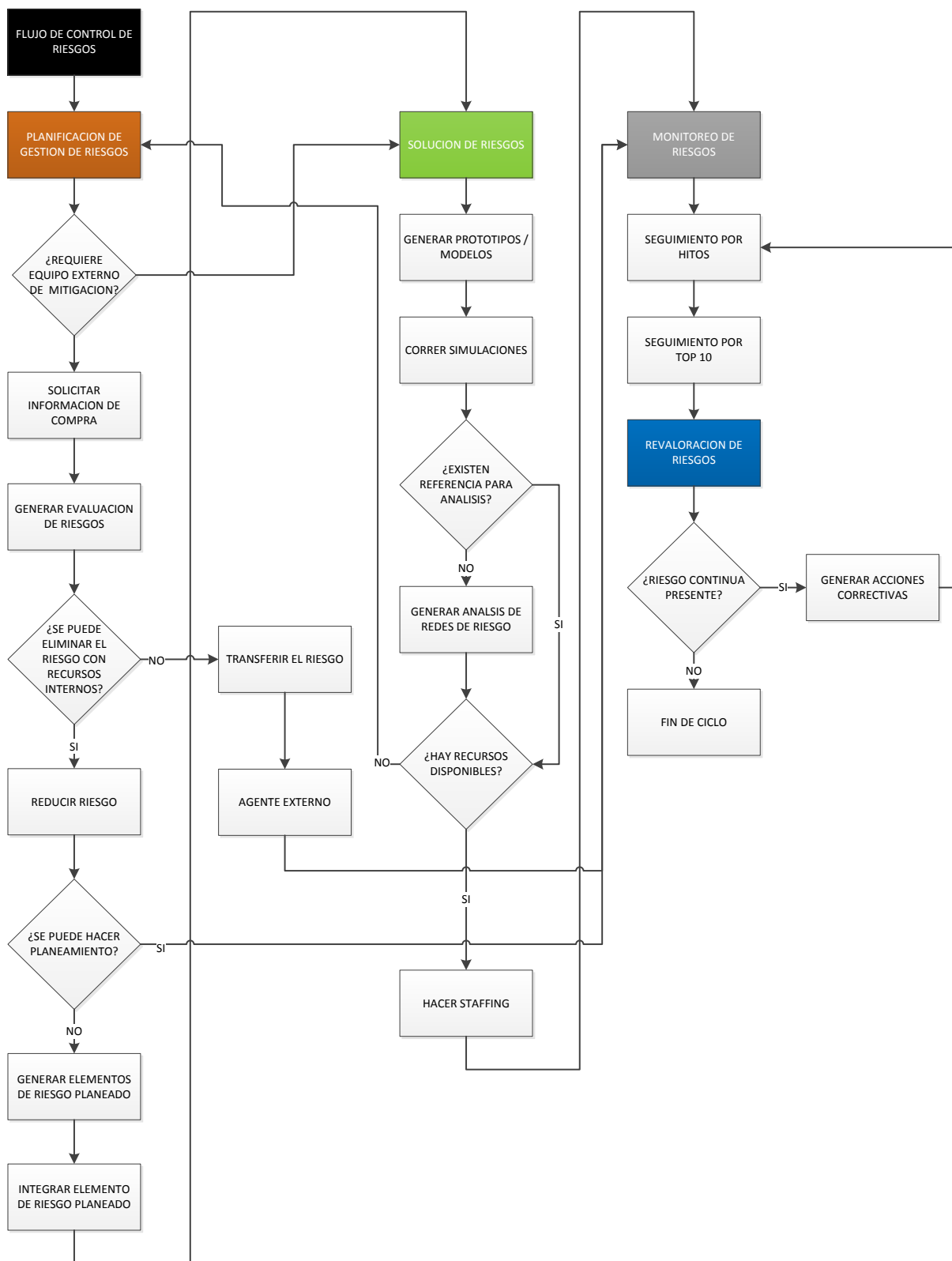


Gráfico No. 5.4
Flujo de control de riesgos. (Ver: Anexo No. 11)
Fuente: Elaboración propia.

5.2 Costo de Oportunidad

La tecnología ofrecida por BIM a la Industria de la Construcción hasta ahora ha cambiado la forma en que las edificaciones son diseñadas y construidas, esto desde la etapa de pre-diseño, hasta el inicio de su operación; sin embargo, aún tiene poca influencia e impacto durante la vida útil y mantenimiento del mismo.

Actualmente se considera que el 90% del costo del ciclo de vida de un edificio, se produce después que la construcción ha finalizado, por lo tanto se podría decir que este también representa el 90% de su costo de oportunidad de negocio, en el que BIM ya no forma parte.

Cuando BIM se utiliza correctamente, brinda importantes beneficios en el costo y operación del ciclo de vida. No obstante, en la actualidad la Operación y Mantenimiento de Instalaciones, conocido como Facility Management, aún no ha podido ser concretado correctamente por BIM.

Si profundizamos un poco más en la aceptación de BIM para la Administración de Inmuebles y servicios de Facility Management encontramos que no solo se necesita tener conocimiento de esta herramienta, sino como lo hemos estudiado, existen múltiples metodologías que nos ayudan a la correcta Administración y aplicación de BIM, lo cual requiere de una gran inversión en tecnología y capacitación.

Es por esta razón que la implementación de sinergias con metodologías ágiles como la planteada en este documento proporcionará una ventaja clara de la herramienta, así como un mejoramiento del retorno de la inversión (ROI) ofrecida por BIM.

Por lo tanto, lo que se busca con propuestas como esta es entender la amplitud de las ventajas de SCRUM+BIM, que ofrece un aumento en el rendimiento de beneficios reales por una ejecución eficiente y el uso de nuevas tecnologías, para gestionar los datos, obteniendo un mejor desempeño durante todo el ciclo de vida de la edificación.

Visualizar BIM como una herramienta de *Diseño y Operación* abre el camino para hacer uso de sus ventajas en todo este campo, proporcionando acceso inmediato a los equipos y a los sistemas de documentación; planificación de costos, análisis del ciclo de vida y el modelado con eficiencia energética, son ejemplos de las ventajas que ofrece al proceso de negocio, siempre manteniendo datos actualizados durante la vida útil del edificio.

En general la AEC espera soluciones innovadoras para integrar tecnologías como SCRUM+BIM a sus proyectos, ofreciendo una solución integral de diseño, gestión y construcción segura con procesos eficientes que puedan convertirse en un socio estratégico de la edificación.

5.3 Líneas de Investigación Futura

En el presente análisis se hicieron planteamientos importantes que pueden ser objeto de investigación futura, así como se han establecido paradigmas y realizado preguntas aplicables no solo a la Administración de Riesgos, sino también a la Integración y Desarrollo de Plataformas Tecnológicas y de Administración.

Sin embargo, la clave fundamental para el desarrollo de esta plataforma es no generar propuestas aisladas, sino tratar de examinar de manera conjunta el estado actual de colaboración e innovación entre equipos ágiles y la tecnología que BIM ofrece, sin dejar de lado otras partes interesadas en esta unidad de negocio.

El análisis de tecnologías ágiles y plataformas tecnológicas debe ir más allá de una práctica de equipo colaborativo bien establecida, ya que usualmente en este proceso intervienen un representante bien informado y un cliente con total desconocimiento de los beneficios y ventajas que estos sistemas pueden ofrecer.

Otra línea de investigación que debe ser considerada es el llevar la investigación más allá del marco conceptual, ya que los planteamientos teóricos al ser llevados a la práctica pueden tener ajustes que impactan al proyecto no siempre de manera positiva, Asimismo, esta puesta en marcha o el pasar de la teoría a la práctica implica un proceso de transición con curvas de aprendizaje tan prolongadas o reducidas de acuerdo a la capacitación y la aceptación de la solución ofrecida.

De igual forma, es importante aclarar que el uso de tecnologías ágiles, su impulso y aplicación es un área que siempre está abierta a la innovación, lo que la convierte en un área de investigación que debe ser estudiada. Otro punto a considerar es que las metodologías ágiles y BIM están centrados en la colaboración de las personas, su creatividad y motivación, por lo que se espera que la actitud individual y la aceptación sea un requisito previo para la implementación, lo que garantizará el éxito de la práctica, este es un punto que definitivamente deberá ser medido en un futuro.

En este TFM se planteó la integración de la figura del Scrum Master y el BIM Manager, para unificar el papel del Gerente de Proyecto. Sin embargo, cuando este modelo sea llevado a la práctica esta figura y sus resultados también deberán de ser evaluados, por lo tanto una mayor investigación en esta área sería adecuada para proporcionar una visión de beneficios, retos y mejores prácticas de funcionamiento y de innovación.

BIM y las tecnologías ágiles aún tienen un gran camino por ser explorado y definitivamente la integración con distintos sistemas de monitoreo será un factor desencadenante de su implementación y éxito.

6. CONCLUSIONES / RECOMENDACIONES

6.1 Lecciones aprendidas

Después de analizar BIM como sistema tecnológico, así como las dos principales metodologías de administración de proyectos basadas en principios tradicionales y ágiles, hemos identificado y atacado una clara oportunidad de integración entre los procesos, actividades y miembros propios de ambas plataformas para la administración de riesgos, generando procesos más eficientes por medio de recursos compartidos, equipos multidisciplinarios compactos y auto gestionados.

La integración del Scrum Master y BIM Manager dentro de un mismo proyecto aporta estabilidad al mismo debido a la correcta toma de decisiones orientada a objetivos específicos con recursos capaces de realizar el trabajo en tiempo, generando iteraciones cortas que mitigan el riesgo y aseguran la calidad del producto final.

Derivado del análisis se puede concluir que existen algunas lecciones aprendidas clasificadas en tres rubros principales que se mencionan y detallan a continuación.

- ***Lecciones en la organización de los miembros de equipo***
 - **Selección de representantes.** La incorrecta selección de los miembros de equipo es un fallo importante que vemos en los proyectos, lo cual se traduce en riesgos por falta de potencialización de capacidades, así como en frustración de los miembros. Por tal motivo la selección de un correcto Scrum Master, BIM Manager y Product Owner con capacitación y capacidades para crear sinergias entre plataformas y metodologías es indispensable, aumentando así el nivel de colaboración del equipo.
 - **Definición de alcances y objetivos.** Siendo la definición de alcance y objetivos la actividad más importante durante el inicio de los proyectos, es necesario contar con la participación de todos los integrantes del equipo incluyendo al cliente. De esta manera, se eliminará uno de los riesgos que aparecen con mayor frecuencia y que impactan de manera más fuerte a los proyectos: el sobre trabajo por una mala definición de alcance y objetivos.
 - **Proceso para toma de decisiones.** La sobreasignación y falta de nivelación de cargas de trabajo a los miembros del equipo es otro de los factores de riesgo presente en los proyectos, por lo que en el proceso de toma de decisiones se deberá contar con la aprobación del BIM Team, Scrum Team y Team member (cliente); además del Scrum Master y BIM Manager, de manera que no se acepte carga de trabajo que supere la capacidad del equipo.

▪ ***Lecciones en el uso de las herramientas***

- **Capacitación e integración de equipo.** Comúnmente al plantear sinergias entre plataformas o metodologías de trabajo conjuntas la curva de aprendizaje de los equipos puede llegar a convertirse en un riesgo que impacta al proyecto de forma negativa. Esta propuesta no es la excepción, ya que proponemos la integración de ambas, que sin una correcta capacitación la curva de aprendizaje podrá convertirse en un riesgo de fracaso.
- **Secuencia de uso.** Al elegir BIM y Scrum para el desarrollo de un mismo proyecto es importante definir la secuencia, fase de utilización y aplicación de cada recurso de manera que se eviten re-trabajos o información que no genera valor. BIM y Scrum no deben de ser vistas como disciplinas independientes, sino como un complemento de herramientas para optimizar el desempeño de equipo generando información de valor para el cliente.
- **Integración.** Al integrar BIM con Scrum, lo que se busca es generar mejor calidad de la información por medio de iteraciones cortas que permitan gestionar los riesgos por medio de dos procesos principales, el análisis y el control. La integración de esta forma de trabajo en todas las etapas del proyecto deben permitir que todos los integrantes del equipo desde el Project Manager y Product Owner hasta los miembros del equipo tengan visibilidad de todo el proyecto.

▪ ***Lecciones en la gestión***

- **Equipos de trabajo.** Este punto es fundamental, ya que en la actualidad muchas veces los equipos de trabajo son muy grandes y se pierde el eje de colaboración con el que nace el proyecto. Una correcta integración y gestión del equipo de trabajo por parte del Product Owner, Scrum Master y BIM Manager son indispensables para fomentar la colaboración.
- **Integrantes de equipos.** Ya que hemos planteado una integración entre metodologías y plataformas, es importante entender que las sinergias también deberán darse en los participantes y roles que se asignan en el proyecto. Estar abiertos a la fusión de roles planteados en BIM y Scrum ayudará a que un mismo grupo o persona forme parte de ambos procesos, esta persona es un agente de cohesión o integrador del grupo sin tomar el lugar del Scrum Master o el BIM Manager.
- **Clasificación.** En la actualidad la clasificación de riesgos se realiza de manera subjetiva, lo cual nos conduce a medios cuantitativos de identificación, sin embargo

esta práctica está orientada principalmente a la mitigación del riesgo una vez que se ha manifestado y a la gestión de los recursos para realizar esta actividad. En este sentido la clasificación cualitativa puede parecer más compleja, pero este método asegura una correcta identificación y prevención en la aparición del riesgo.

Los puntos anteriores son basados en experiencias personales de trabajo, donde se ha identificado que la metodología utilizada para la administración de proyectos AEC tiene muchas deficiencias, por lo tanto estas lecciones aprendidas deberán ser revisadas después de la implementación del esquema de gestión de riesgos y manejo de equipos auto gestionados que trabajan en BIM, pudiendo generar posteriormente comparativos de productividad e impacto de los proyectos AEC a lo largo de su ciclo de vida.

6.2 Conclusiones

Como conclusión general, podemos decir que todos los proyectos debido a su naturaleza tienen riesgos adheridos desde su concepción, los cuales cambiarán dependiendo del tipo, alcance, integrantes y agentes externos que influyen en él; generando características únicas en cada uno de ellos y haciendo de su gestión un proceso complejo.

La utilización de metodologías combinadas será la respuesta adecuada para la correcta administración de proyectos AEC, ayudando a minimizar los riesgos y mejorando los índices de productividad de la industria y dejando de lado la antigua suposición de “más rápido, mejor, más barato”.

Hoy en día y conforme a lo plasmado en este estudio, se pretende demostrar que el uso de grandes equipos de trabajo y la adición de miembros durante el ciclo de vida no es más que una mala práctica que genera sobre costos y procesos ineficientes. La adición de miembros durante la ejecución es el reflejo de una mala planeación y una pobre definición de alcances y objetivos.

El análisis cualitativo para la gestión de riesgos en BIM propuesto en este trabajo, en principio puede parecer largo, sin embargo la mayor parte de los procesos se darán de manera automática durante la ejecución del proyecto al integrar los principios de BIM con el esquema de trabajo y administración que proponen las metodologías ágiles y Scrum.

Al utilizar un sistema de análisis y control cualitativo de riesgos integrado a iteraciones cortas en una plataforma tecnológica como BIM que trabajará con equipos multidisciplinarios y auto gestionados, no solo se tendrá un mayor control sobre los proyectos, sino también sobre las

entregas con aumento en la calidad de la información por medio de equipos altamente productivos con un alto nivel de eficiencia.

Es importante recordar que el enfoque de este trabajo es teórico, por lo que su implementación y participación de todos los miembros de un equipo de trabajo BIM+Scrum será fundamental para su evaluación, retroalimentación, ajuste y puesta en marcha.

6.3 Recomendaciones

Conforme a lo anterior y con el objetivo de minimizar la curva de aprendizaje futura en caso de implementar esta metodología en un proyecto, a continuación se enlistan una serie de recomendaciones que deberán ser consideradas para la puesta en marcha.

1. **Alcances, requisitos y expectativas.** Hacer partícipe y consciente al equipo desarrollador, responsables del proyecto y al cliente es de suma importancia. Antes de iniciar un proyecto se deberá asegurar con todos los involucrados (técnicos, administrativos y desarrolladores) que los alcances del proyecto son razonables y realistas.
2. **Identificación por experiencias pasadas.** Con la finalidad de evaluar la viabilidad de una propuesta, algunas veces podemos hacer referencia a proyectos pasados de los cuales se podrán obtener estadísticas, resultados y decisiones tomadas que servirán para generar una evaluación preliminar.
3. **Zonas de Riesgo.** Como se mencionó anteriormente, cada proyecto cuenta con características únicas, esto no significa desarrollar una metodología específica para cada uno; por lo que de acuerdo al punto anterior, el uso de experiencias pasadas, nos ayuda a la identificación y estandarización de zonas o áreas donde se presentan riesgos con mayor frecuencia. En este punto, el miembro de equipo forma una parte importante, ya que en caso de encontrar un nuevo riesgo fuera de las zonas definidas deberá reportarlo para ser clasificado, categorizado y controlado inmediatamente, evitando posibles impactos en iteraciones futuras.
4. **Monitoreo de Zonas de riesgo.** El monitoreo durante el ciclo de vida del proyecto es muy importante y como lo vimos en el punto anterior, una identificación en etapas tempranas del proyecto puede mejorar el flujo de trabajo en iteraciones futuras, por lo que en cada etapa se deberá contar con un miembro del equipo responsable del monitoreo de riesgos.

5. **Proceso ágil en BIM.** El correcto entendimiento aplicación e integración de la metodología ágil a BIM es muy importante y entre más sencilla sea, mejor será la lectura y manejo de las zonas de riesgo. Como se ha mencionado, el uso de iteraciones cortas es una parte fundamental para la eliminación de riesgos y el control de calidad, pero es importante no asociar estas iteraciones con revisiones frecuentes, debido a que esto generaría una sobre gestión del proyecto.
6. **Integración de equipo.** Los equipos colaborativos propuestos para nuestros proyectos nos ayudarán a la identificación, clasificación y acción ante los riesgos, por lo que siguiendo los principios ágiles estos no deberán de ser mayores a 5 personas, de manera que el equipo pueda auto gestionarse y mantenga su nivel productivo.
7. **Administración de control de cambios.** Como parte de la administración de riesgos es importante contar con una estrategia para el control de cambios de manera que se logren evitar los riesgos producidos por cambios excesivos en el proyecto. Debido a esto, la propuesta que se generó en este TFM contempla un análisis de riesgos para correr modelos de rendimiento, modelos de costo y matrices de rendimiento que ayudarán a tomar una mejor decisión.
8. **Limitación del proyecto.** Cuando se han aceptado demasiados cambios, la capacidad de entrega y fiabilidad de la información puede verse comprometida, poniendo el riesgo la integridad del proyecto por múltiples causas. En casos como este, se deberá detener el proceso de aceptación de cambios y limitar el proyecto al alcance original para garantizar la entrega de la información, posteriormente se generará una matriz de riesgos (impactos, probabilidades y relaciones) para determinar la viabilidad de estos cambios y asociarlos a nuevos hitos o entregas.

Las recomendaciones anteriores están basadas en un marco metodológico ágil, que podrá ser puesto en marcha para la evaluación, gestión y control de riesgos en un futuro.

7. BIBLIOGRAFÍA

- **Abnor, I., & Bjerke, B. (1997).** Methodology for creating Business knowledge.
- **Alarcon, L. F., & Mardones, D. A. (1998).** *Improving the design-construction interface.* Guaruja, Brasil.
- **Artica, P. E. (2009).** *Planificación por Lotes de Producción con Modelos 4D.* XVII Congreso Nacional de Ingeniería Civil CONIC.
- **Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2012).** Building information modeling (BIM): now and beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building.*
- **Ballard, G. (2000).** *Lean Project Delivery System.*
- **Ballard, G., & Zabelle, T. (2000).** *Lean Design: Process, Tools & Techniques.*
- **Bannerman, P. L. (2007).** Software project risk in the public sector.
- **Berdillana Rivera, F. A. (2008).** *Tecnologías informáticas para la visualización de la información y su uso en la construcción -Los sistemas 3d inteligente- .*
- **Bicheno, J. (2004).** *New Lean Toolbox : Towards Fast Flexible Flow.* Picsie Books.
- **Blankenship, J., Bussa, M., & Millett, S. (2011).** *Pro Agile .NET Development with Scrum.* Apress.
- **Boehm, B. W. (1991).** Software Risk Management: Principles and Practices. *IEEE Software*, 12.
- **Burrell, G., & Morgan, G. (1979).** *Sociological Paradigms and Organisational Analysis: Elements of the Sociology of Corporate Life* Heinemann Educational. Londres.
- **Callahan, J. T. (1998).** *Managing Transit Construction Contract Claims.* National Research Council, Washington D.C.
- **Cohn, M. (2010).** *Succeeding with Agile: Software Development Using Scrum.* Addison-Wesley.
- **Colwell, D. (2008).** *Improving Risk Management and Productivity in Megaprojects through ICT Investment*
- **Creswell, J. (2003).** *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches.* Thousand Oaks, California: : Sage Publications.
- **Díaz Polo, D. (2011).** *Definición de un proceso de desarrollo de software en un entorno universitario.* Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.
- **Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, & Liston, K. (2011).** *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors* (Segunda ed.). New York: John Wiley and Sons.
- **Fetene, N. (2008).** *Causes and Effects of Cost Overrun on Public Building Construction Projects in Ethiopia.* Master Thesis, Addis Ababa University, Faculty of Technology.

- **Gao, S., & Low, S. P. (2014).** Impact of Toyota Way Implementation on Performance of Large Chinese Construction Firms.
- **Gerber, D., Becerik-Gerber, B., & Kunz, A. (2008).** *Building Information Modeling and Lean Construction: Technology, Methodology and Advances from Practice.*
- **Glick, S., & Guggemos, A. A. (2009).** *IPD and BIM: Benefits and opportunities for regulatory.* Colorado State University.
- **Hamdi, O., & Leite, F. (2012).** *BIM and Lean interactions from the bim capability maturity model perspective: A case study.* 20th Conference of the International Group for Lean Construction.
- **Hanvey, C. L. (2007).** *Design Documents and Design – Related Claims.* Interface Consulting.
- **Hardin, B. (2009).** *BIM and Construction Management.* Indianapolis: Wiley Publishing.
- **Ibbs, C., Kwak, Y., Ng, T., & Odabasi, A. (2003).** *Project Delivery Systems and Project Change: Quantitative Analysis.* Journal of Construction Engineering and Management.
- **Ibrahim, M., Krawczyk, R., & Schipporeit, G. (2004).** *Two Approaches to BIM: A Comparative Study.* Illinois Institute of Technology, College of Architecture.
- **Imai, M. (1986).** *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success.* New York: Random House Inc.
- **Jaafarit, A., & Manivong, K. (2006).** *Towards a smart project management information system.*
- **Jackson, S. (2008).** *Project Cost Overruns and Risk Management.* The University of Reading, School of Construction Management and Engineering.
- **Kamedula, J. M. (2009).** *Lean Design.* Copenhagen School of Design and Technology.
- **Kanji, G., & Wong, A. (1998).** *Quality culture in the construction industry.*
- **Khanzode, A., Fischer, M., & Reed, D. (2008).** *Benefits and Lessons Learned of Implementing Building Virtual Design and Construction (VDC) Technologies for Coordination of Mechanical, Electrical, and Plumbing (MEP) Systems on a Large Healthcare Project.*
- **Ko, C. H., & Chung, N. F. (2014).** *Lean Design Process.* Journal of Construction Engineering and Management.
- **Konchar, M., & Sanvido, V. (1998).** *Comparison of U.S. Project Delivery Systems.* Journal of Construction Engineering and Management, American Society of Civil Engineers .
- **Koskela, L. (1992).** *Application of the new production philosophy to construction.* Center for Integrated Facilities Engineering Stanford University, Stanford.
- **Kuada, J. (2009).** *Paradigms in International Business Research - Classifications and Applications.*

- **Kunz, J., & Fischer, M. (2009).** *Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions.*
- **Kwak, Y. H., & Anbari, F. T. (2009).** Analyzing project management research: Perspectives from top management journals. *International Journal of Project Management.*
- **Kwak, Y. H., & Ibbs, W. C. (2002).** Project Management Process Maturity (PM)2 Model. *Journal of Management in Engineering*, 3(18).
- **Lee, K., & Su, Y. (2013).** Applying Six Sigma to Quality Improvement in Construction.
- **Luitz, J., Hancher, D., & East, E. (1990).** Framework for Design-Quality-Review Data-Base System. *Journal of Management in Engineering*, 6, 296-312.
- **McGeorge, J. (1988).** Design productivity: a quality problem. *Journal of Management in Engineering*, 350-362.
- **Mourgues, C., & Fisher, M. (2001).** *Investigaciones en Tecnologías de Información Aplicadas a la Industria A/E/C (Arquitectura, Ingeniería y Construcción).*
- **Munns, A., & Bjeirmi, B. (1996).** The role of project management in achieving project success. *International Journal of Project Management.*
- **Poppendieck, M., & Poppendieck, T. (2003).** *Lean Software Development: An Agile Toolkit.*
- **Preve A., L. (2009).** *Gestión del Riesgo.* Buenos Aires: Temas Grupo Editorial SRL.
- **Project Management Institute. (2013).** *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)* (Quinta ed.). Newtown Square, Pensilvania.
- **Qureshi, T. M., Warraich, A. S., & Hijazi, S. T. (2009).** Significance of project management performance assessment (PMPA) model. *International Journal of Project Management.*
- **Raymond, L., & Bergeron, F. (2008).** Project management information systems: An empirical study of their impact on project managers and project success. *International Journal of Project Management.*
- **Resnick, S., De la Maza, M., & Bjork, A. (2011).** *Professional Scrum with Team Foundation.*
- **Rother, M., & Shook, J. (2009).** *Learning to See.* Lean Enterprise Institute.
- **Sacks, A. R. (2014).** Tekla European BIM Forum 2014 Can BIM remove waste from construction BIM and Lean Construction.
- **Schwaber, K., & Beedle, M. (2002).** *Agile software development with Scrum.* Prentice Hall.
- **Schwaber, K., & Sutherland, J. (2013, Octubre 28).** *The Scrum Guide.* Consultado en <https://www.scrum.org>

- **Smith, D. K., & Tardiff, M. (2009).** *Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers*. Hoboken, New Jersey.
- **Sutherland, J. (1995).** *Business Object Design and Implementation*. ACM PRESS.
- **Sutherland, J. (2005).** *Future of scrum: Parallel pipelining of sprints in complex projects*. Agile Development Conference (ADC'05).
- **Tague, N. (2004).** *The Quality Toolbox* (Segunda ed.). ASQ Quality Press.
- **Takeuchi, H., & Nonaka, I. (1986).** *The New Product Development Game*. Harvard Business Review.
- **Taylor III, A. (1997).** How Toyota Defies Gravity. *Fortune*, 136, 100–108.
- **Torgeir, D., & Tore, D. (2010).** *Agile Software Development: Current Research and Future Directions*. Springer Berlin Heidelberg.
- **Wallace, L., & Keil, M. (2004).** *Understanding software project risk: a cluster analysis*.
- **Waters, K. (2012, Julio 23).** *Risk Management – How to Stop Risks from Screwing Up Your Projects!* Consultado en <http://www.allaboutagile.com/risk-management-how-to-stop-risks-from-screwing-up-your-projects/>
- **Womack, J. P. (2003).** *Lean Thinking*. New York: Simon & Schuster Inc.
- **Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990).** *The Machine That Changed the World*. New York: Harper Perennial.
- **Yacov Y., H. (2009).** *Risk Modeling, Assessment and Management*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc.

8. AGRADECIMIENTOS

A mis padres Ana María y Lucio por confiar en mí desde pequeño y durante mis estudios, por hacerme entender la importancia de la educación y siempre ser un apoyo incondicional a lo largo de la vida y en los proyectos que emprendo.

A mi familia por estar siempre presente de cierta manera sin importar la distancia o la situación, en especial mis hermanos Janette y Luis, por siempre creer en mí, apoyarme y hacer que cada día me esfuerce por ser una mejor persona, así como también un mejor hermano.

A mis asesores Alina y Eloi, por sus oportunas orientaciones para lograr un trabajo con el cual me siento satisfecho y principalmente por la confianza para llevar a cabo este proyecto a distancia. Muchas Gracias.

A las nuevas personas que tuve oportunidad de conocer durante este tiempo y que se han convertido en grandes amistades que ahora forman parte importante de mi vida.

Gracias a dios por darme la oportunidad de tener esta experiencia, por situarme en el lugar, momento y con las personas adecuadas para tener éxito.

A todos los profesores que durante este tiempo me enriquecieron con nuevas ideas, experiencias y pensamientos para mejorar en un futuro.

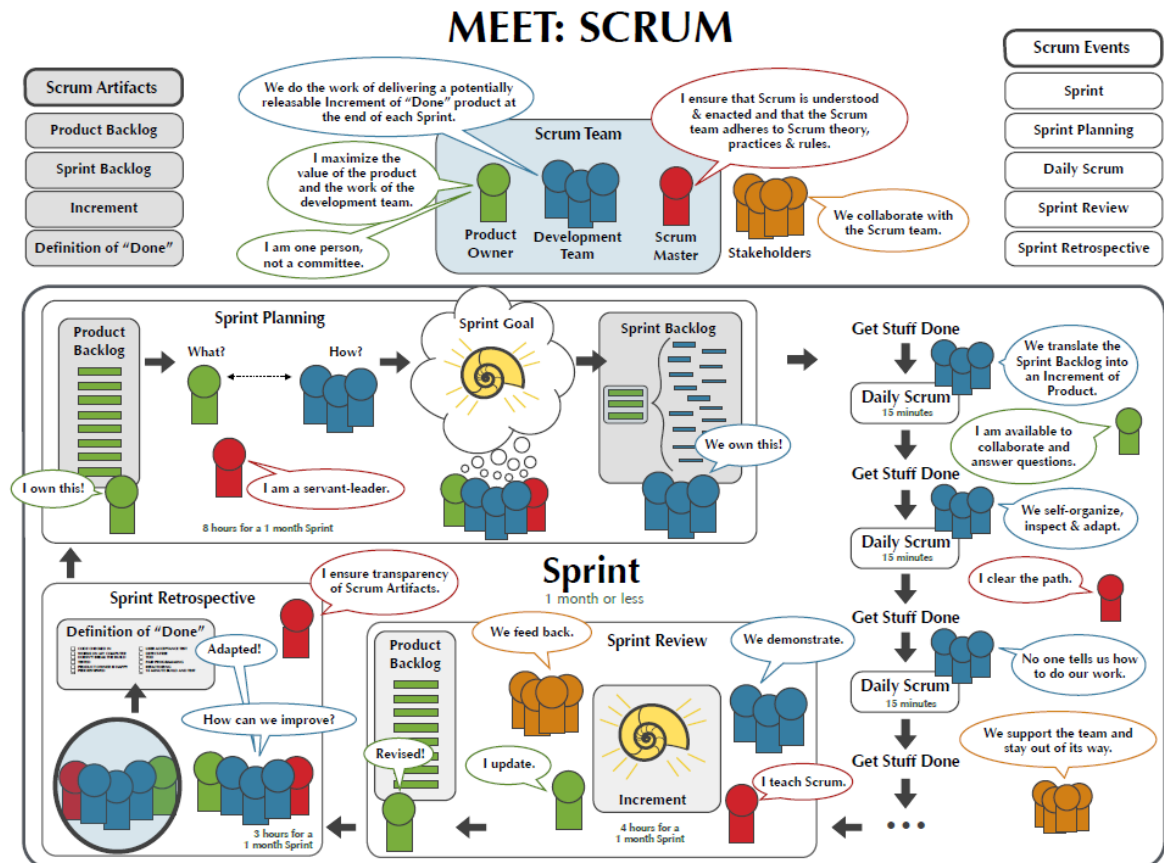
Por último, a la Universitat Politècnica de Catalunya por la oportunidad de formar parte de diferentes proyectos en otras regiones y países que me permitieron adquirir mayor conocimiento y experiencia.

¡Gracias a todos por su apoyo, cariño y confianza depositada en mí durante este tiempo de desarrollo personal, académico y profesional!

ANEXOS

- **Anexo No. 1**
- **Metodología SCRUM**

Descripción gráfica de cómo funciona un proyecto Administrado bajo la Metodología SCRUM.

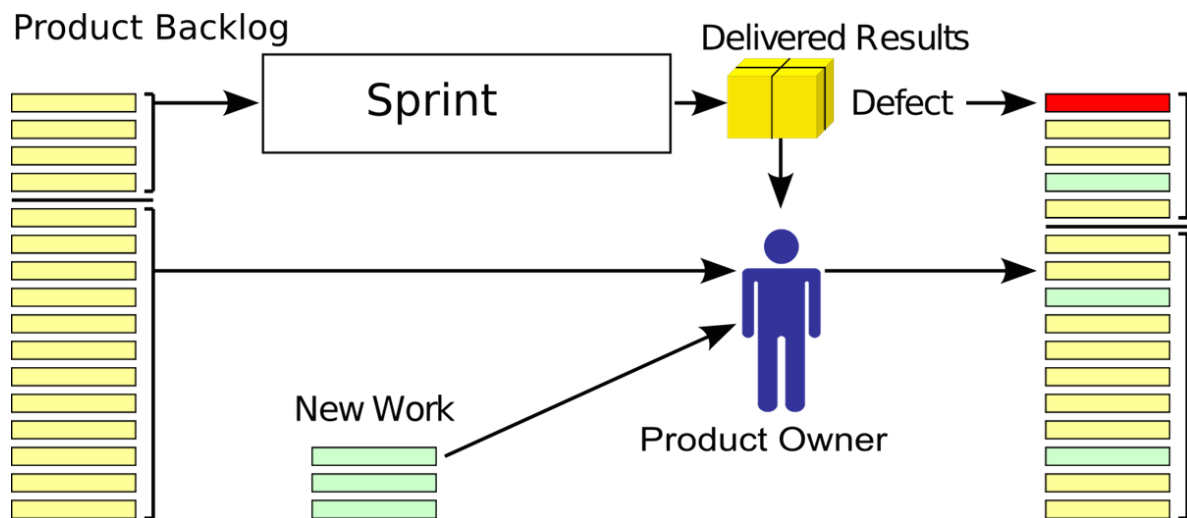


- **Anexo No. 2**

- **Visión del funcionamiento de SCRUM en 2005**

El diagrama fue desarrollado de acuerdo a la interpretación de los usuarios de tecnologías ágiles, cuando esta era aún poco común y la forma de trabajo que generaba no era interpretada de la manera correcta.

La imagen muestra un flujo de trabajo en la que interviene solo el Product Owner como responsable del Proyecto.

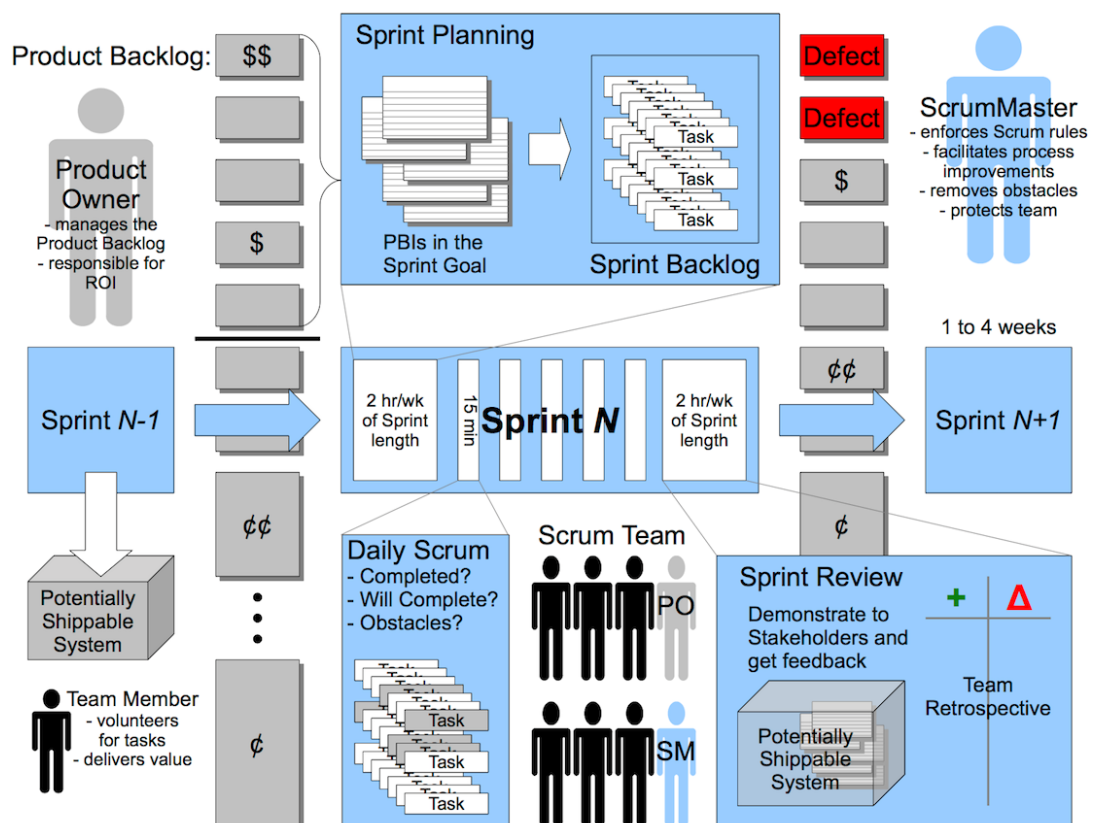


▪ **Anexo No. 3**

- **Visión del funcionamiento de SCRUM en 2008**

Este diagrama muestra una importante evolución en como SCRUM es interpretado y utilizado por los usuarios.

La imagen muestra una importante madurez en su uso, así como en los actores que intervienen en un proyecto.

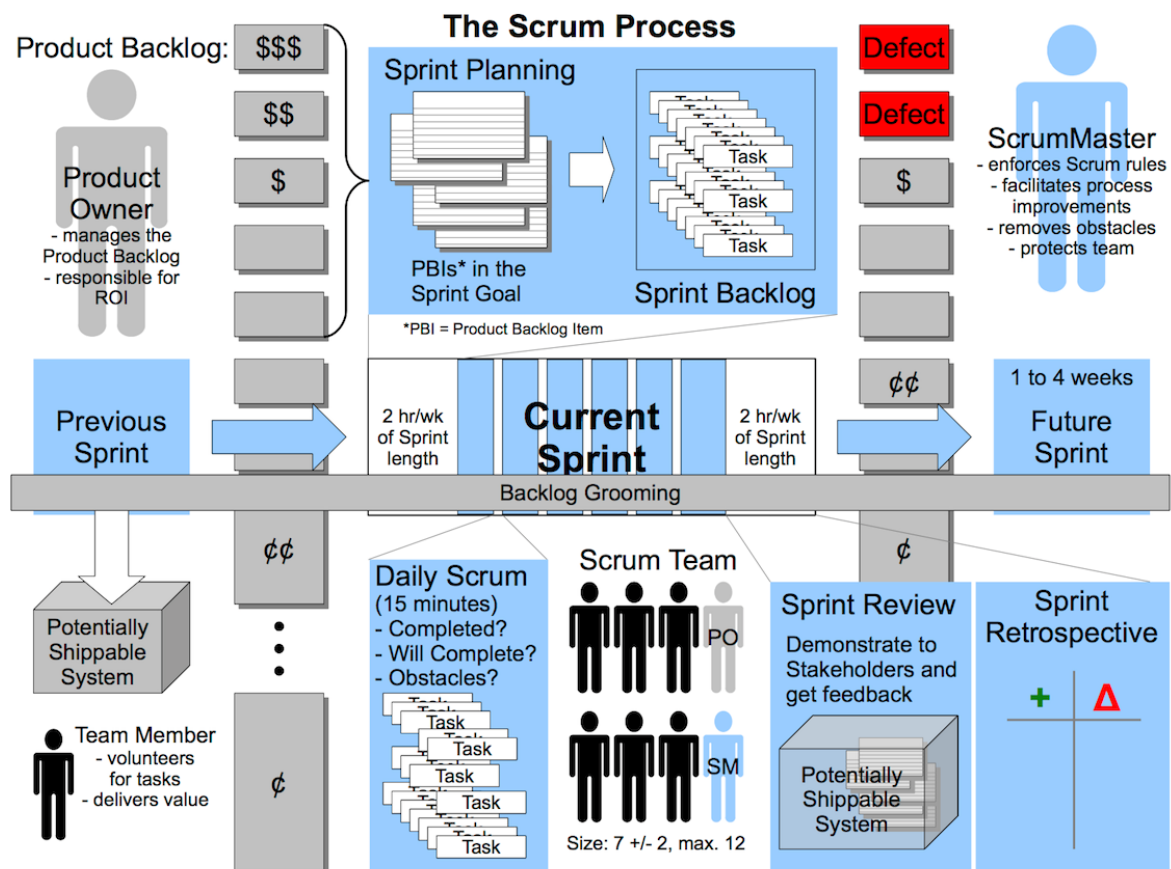


▪ **Anexo No. 5**

- **Visión del funcionamiento de SCRUM en 2011**

En este diagrama vemos como la adición del “Backlog Grooming” impacta a todo el proyecto de manera lineal.

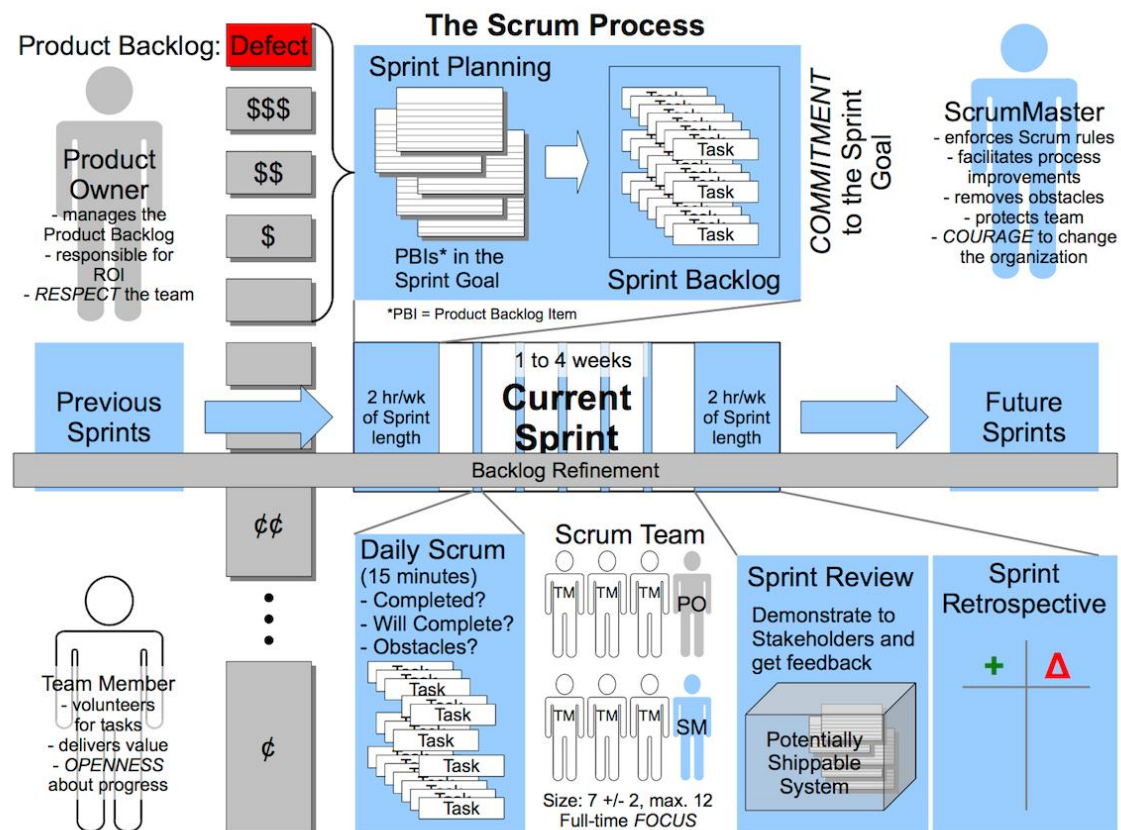
Para este proceso entendemos que el “Backlog Grooming” es aquella reunión en la que el Product Owner y el SCRUM Team se reúnen para revisar el Backlog, introduciendo o eliminando historias de usuario.



- **Anexo No. 6**

- **Visión del funcionamiento de SCRUM en 2012**

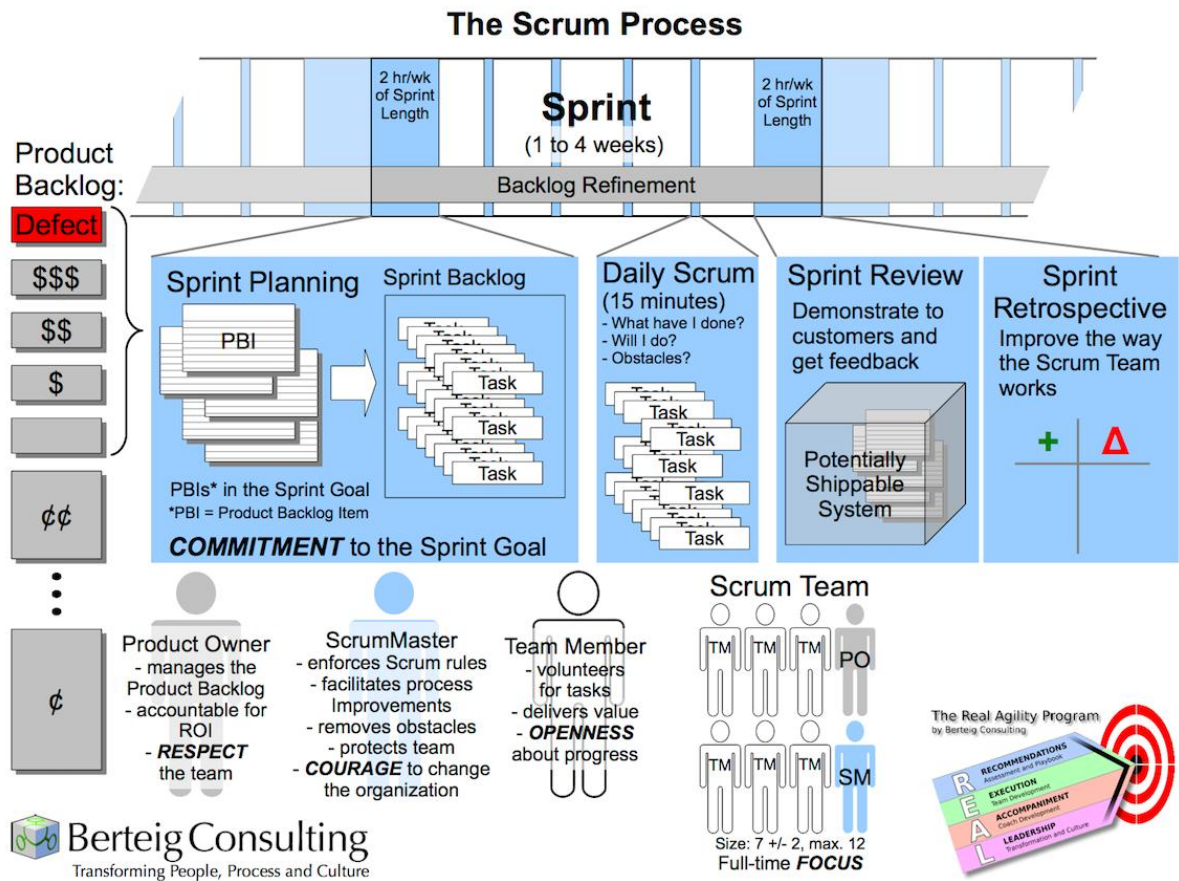
Aquí vemos un cambio en el funcionamiento importante donde se elimina uno de los Product Backlogs por cuestión de eficiencia y reflejando los valores de simplicidad de SCRUM.



▪ **Anexo No. 7**

- **Visión del funcionamiento de SCRUM en 2013**

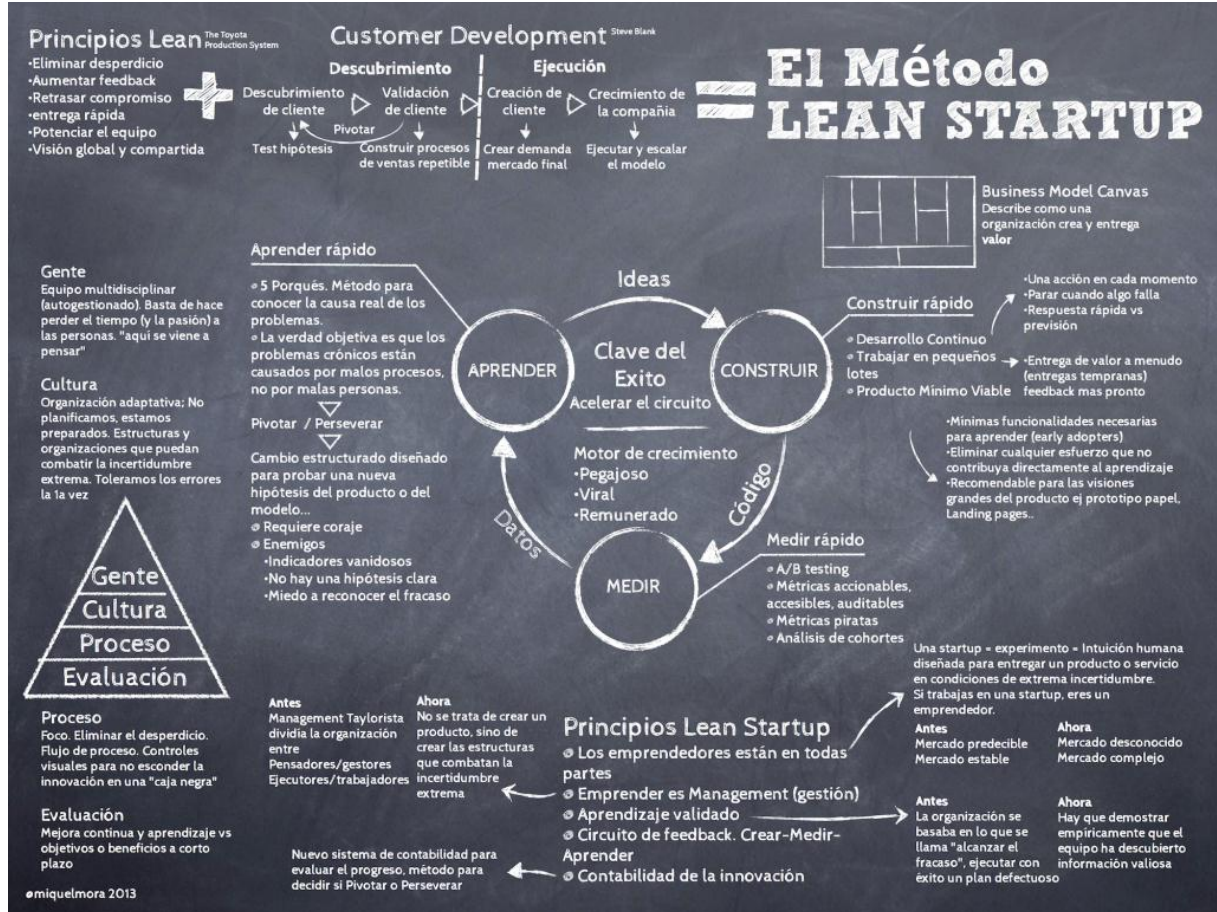
En este diagrama se muestra un proceso más organizado respecto al Sprint y sus intervenciones diarias, revisión y retroalimentación.



▪ **Anexo No. 8**

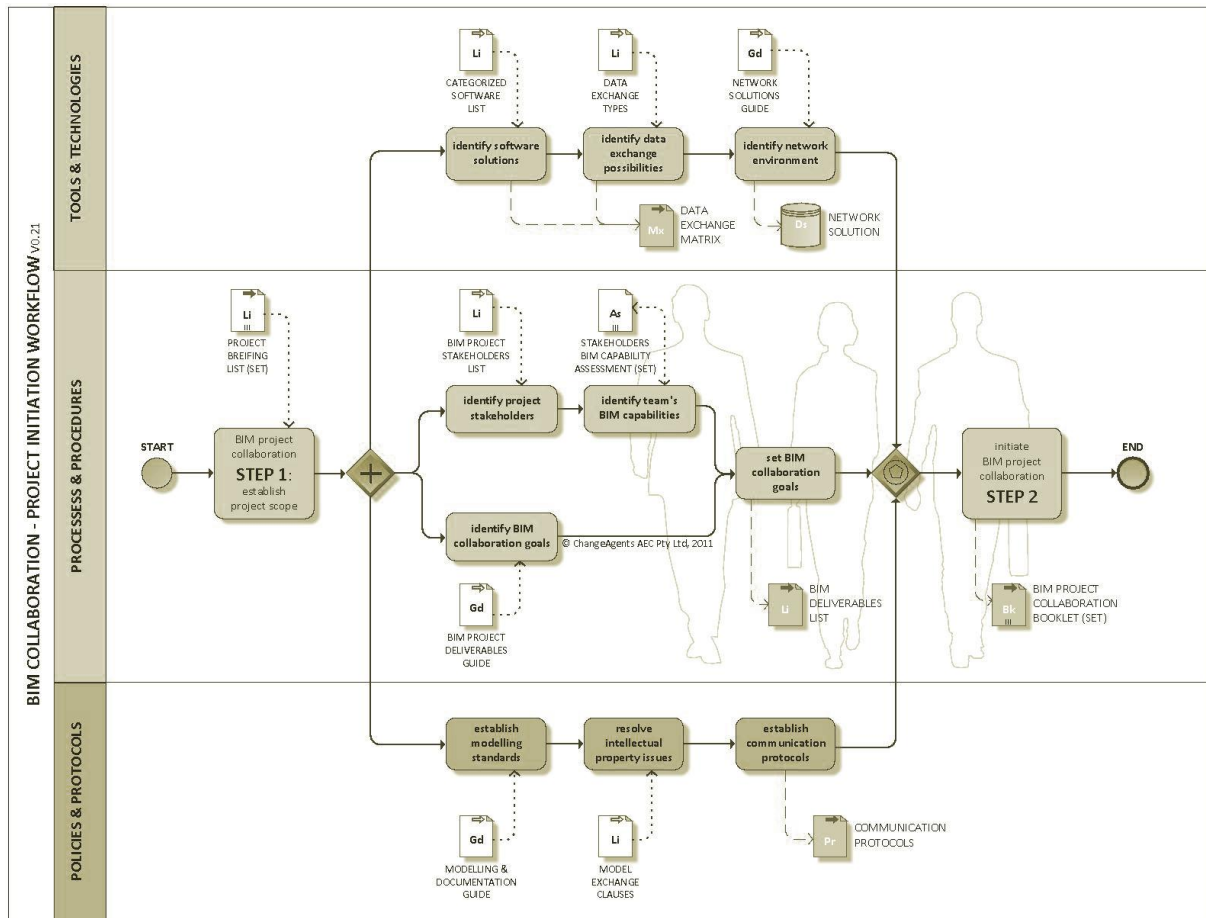
- **LEAN Stratup**

Metodología de Lean para la correcta administración y funcionamiento de un Proyecto.

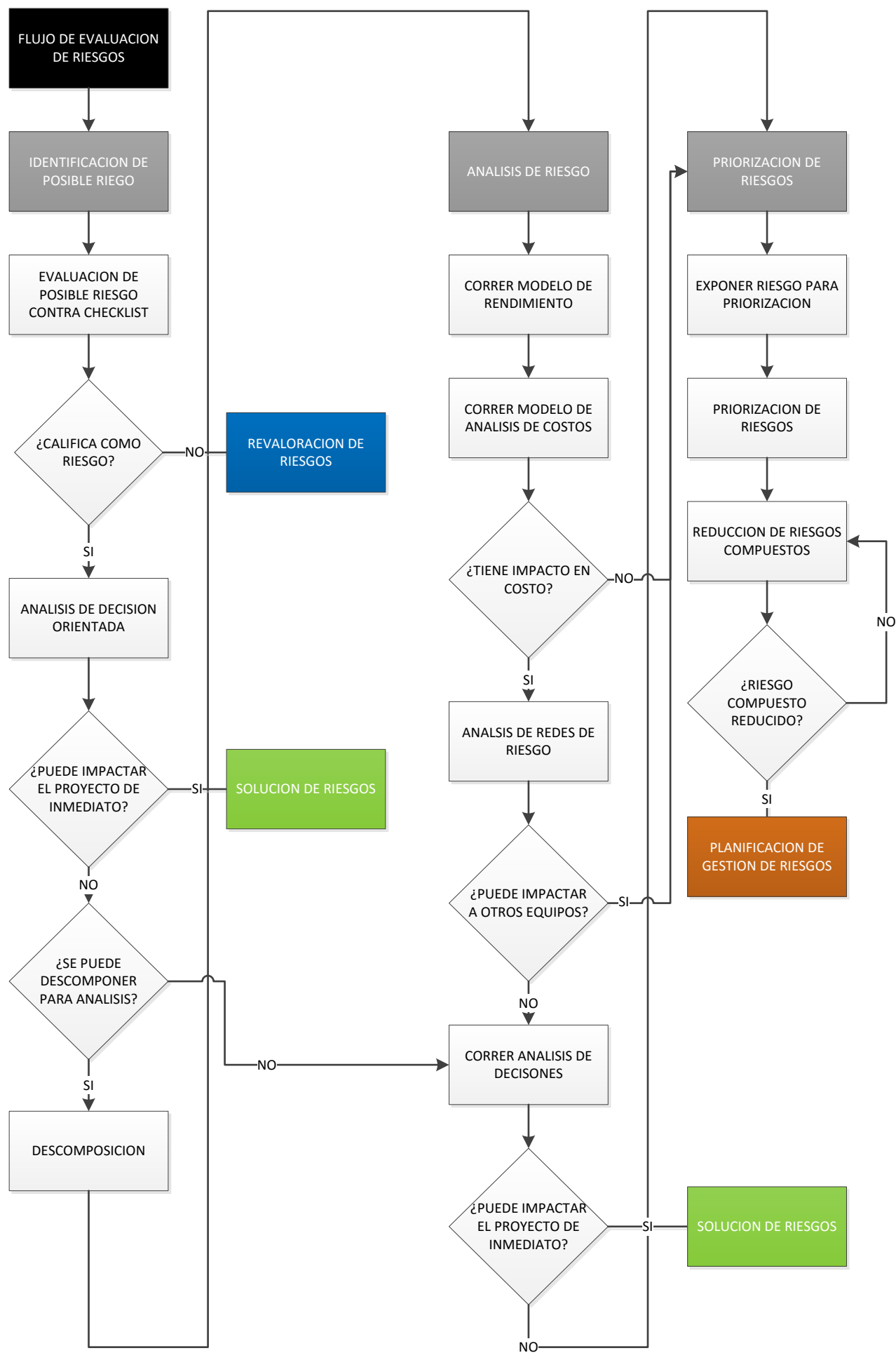


▪ **Anexo No. 9**

- **Diagrama de Colaboración BIM**



PROPUESTA PARA FLUJO DE EVALUACION DE RIESGOS



PROPUESTA PARA FLUJO DE CONTROL DE RIESGOS

